

Opinnäytetyö (AMK)
Fysioterapian koulutusohjelma
2011

Kristina Brenner, Antti-Ville Korhonen, Niina Laakso

SYKETTÄ ELÄMÄÄN

– sykevälivaihteluun perustuvan kuntotestin luotettavuuden arviointi



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kristina Brenner, Antti-Ville Korhonen ja Niina Laakso

SYKEVÄLIVAIHTELUUN PERUSTUVAN KUNTOTESTIN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella Firstbeat Technologies Oy:n julkaiseman kuntotestin reliabiliteettia eri suoritusolosuhteissa; juoksumatolla, juoksuradalla ja maastossa. Mittari pystyy huomioimaan korkeuden muutoksien vaikutuksen nopeuteen, joten testi on mahdollista suorittaa vaihtelevissa suoritusolosuhteissa (Firstbeat Technologies Oy 2010). Tämä helpottaa kuntoilijan aerobisen kunnan arviointia ja sen kehittymisen seuranta. On kuitenkin hyvä saada lisää tietoa siitä, vaikuttavatko erilaiset testiolosuhteet testin antamiin tuloksiin.

Tutkimusryhmä koostui alle 45-vuotiaista miehistä ($n=16$), jotka olivat aktiivisuustasoltaan kuntoilijoita. Aineisto kerättiin toteuttamalla tutkimusjoukolle suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi ja kolme Firstbeat-kuntotestiä edellä mainituissa olosuhteissa. Mittarina käytettiin Suunto t6-sykemittaria ja siihen kuuluvaa sykepantaa sekä nopeutta mittaavaa foot POD:ia. Reliabiliteettia tutkittiin tilastollisin menetelmin vertailemalla juoksumatolla tehdyn suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin tuloksia Firstbeat-kuntotestien antamiin tuloksiin sekä analysoimalla Firstbeat-kuntotestien tuloksia keskenään.

Kaikkien testien tulosten välillä havaittiin positiivinen erittäin korkea korrelaatio. Vertailtaessa Firstbeat-testien luotettavuutta suhteessa suoraan VO_{2max} -testiin todettiin tilastollisesti merkitsevä ero suoran VO_{2max} -testin ja juoksumatolla toteutetun Firstbeat-testin välillä ($p=0,027$). Firstbeat-testien välillä ei todettu tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,618$).

Tutkimuksen tuloksista voidaan päätellä, että Firstbeat-kuntotesti aliarvioi, mutta antaa suhteellisen tarkan arvion maksimaalisesta hapenottokyvystä eri suoritusolosuhteissa. Tutkimuksen tulokset tukevat väitettä, jonka mukaan Firstbeat-testien toistettavuus on hyvä. Tarkan maksimaalisen hapenottokyvyn arvion saavuttamiseksi tarvitaan tarkkaa arvio oikeasta maksimisykkeestä. Tutkimuksen tulokset antavat viitettä siitä, että foot POD tulisi aina kalibroida erikseen juoksumatolla suoritettavaa testiä varten. Suuremman otosryhmän jatkotutkimuksille on tarvetta.

ASIASANAT:

Aerobinen kunto, aerobisen kunnan mittaaminen, aerobisen kunnan arviointi, maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}), syke, sykevälivaihtelu, autonominen hermosto.

Kristina Brenner, Antti-Ville Korhonen and Niina Laakso

ESTIMATION OF A NEW FIRSTBEAT-FITNESS TEST'S RELIABILITY

The assessment of aerobic fitness and monitoring is an important part of the training process.

The purpose of this study was to examine the accuracy of the Firstbeat Fitness test during different running conditions: running on the track, on a cinder road over undulating terrain and on a treadmill. The test is based on a heart rate data and a speed registration during the test performance. The meter is able to measure the change in speed during ascent and descent, so the test can be performed in varying conditions (Firstbeat Technologies Ltd 2010). This gives possibilities when choosing the place for fitness testing. For exercisers, this method will facilitate the assessment of aerobic fitness as well as tracking the development of aerobic fitness. However, it is important to get information about the effects of different running conditions.

The data were collected through the research group (n=16) of direct maximal oxygen uptake test and three Firstbeat Fitness tests under the above conditions. Firstbeat Fitness tests were measured on Suunto t6 with an accompanying heart rate belt and a Foot POD for speed measurement. The reliability of the Firstbeat Fitness test was studied by statistical methods by comparing the results from the tests.

There was high positive correlation between all tests. Statistically significant difference was found when comparing maximal oxygen uptake test to the Firstbeat Fitness test done on a treadmill ($p=0,027$). No difference was found either when comparing other Firstbeat Fitness tests to the maximal oxygen uptake test or between solely Firstbeat Fitness tests ($p=0,618$).

Results of this study shows that Firstbeat Fitness test underestimates, but gives a fairly accurate estimation of the maximal oxygen uptake in different running conditions. The study results support the argument that the Firstbeat Fitness tests repeatability is good. The exact maximal heart rate is needed to achieve the more accurate maximal oxygen uptake estimation. The study results suggest that Foot POD should be calibrated separately if test is done on a treadmill. Further research with larger research group is needed.

KEYWORDS:

Aerobic fitness, maximal oxygen uptake (VO_{2max}), VO_{2max} measurement, maximal oxygen uptake test, heart rate, heart rate variability, autonomic nervous system.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖN TOIMINTA	10
2.1 Keuhkot ja hengitys	10
2.2 Kaasujen vaihtuminen keuhkoissa	11
2.3 Sydän	12
2.4 Hapen kulkeutuminen työskenteleviin lihaksiin ja hiilidioksidin poistuminen elimistöstä	14
3 ENERGIANTUOTTO JA LIHASTEN AINEENVAIHDUNTA	16
4 AUTONOMINEN HERMOSTO JA SYKEVÄLIVAIHTELU	19
4.1 Autonominen hermosto	19
4.2 Sydämen sykevälivaihtelu	20
5 AEROBINEN KUNTO	23
5.1 Maksimaalinen hapenottokyky	23
5.2 Kestävyyuskunnon hyödyt kansanterveydelle	25
5.3 Aerobisen kunnon testausmenetelmät	26
5.3.1 Aerobisen kestävyuden suorat mittausmenetelmät	27
5.3.2 Aerobisen kestävyuden arviointimenetelmät	28
5.4 Testausmenetelmien käyttö fysioterapiassa	29
6 FIRSTBEAT-KUNTOTESTI	31
6.1 Sydämen toimintaa analysoimalla saadaan monipuolista tietoa kehon toiminnoista	31
6.2 Testin toteutus käytännössä	34
7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT	35
8 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA MENETELMÄT	36
8.1 Testihenkilöiden rekrytointi	36
8.2 Terveystietokyselyt ja lepo-EKG-mittaukset	36
8.3 Testeihin valmistautuminen	37
8.4 Kuntotestaukset	37

8.4.1 Firstbeat-kuntotestit radalla	38
8.4.2 Firstbeat-kuntotestit maastossa	39
8.4.3 Firstbeat-kuntotestit juoksumatolla ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testit (VO ₂ max-testit)	40
8.5 Palautetilaisuus testihenkilöille	43
8.6 Tutkimuksen eettisyys	44
8.7 Tilastolliset analyysit	44
9 TULOKSET	46
10 POHDINTA	52
LÄHTEET	56

LIITTEET

- Liite 1. Terveyskyselylomake
- Liite 2. Valmistautumisohjeet kuntotesteihin
- Liite 3. Firstbeat-kuntotestin esimerkkiraportti
- Liite 4. Testauspäivien sääolosuhteet
- Liite 5. Testausolosuhteet Paavo Nurmi – keskuksessa
- Liite 6. Testihenkilöiden taustatiedot
- Liite 7. Korrelaatiodiagrammit

KUVAT

Kuva 1. Sydämen sykevälivaihtelu ja R-R – intervalli. Punainen katkoviiva havainnollistaa QRS-kompleksia. (Mukailtu <http://www.hyvinvointikartoitus.fi/index.php?page=121>)

21

KUVIOT

- Kuvio 1. Kaavakuva sykkeeseen perustuvasta hapenottokyvyn arvioimisesta. HR_{max}=maksimisyke. (Mukailtu: Firstbeat white paper 2007.) 33
- Kuvio 2. Testiprotokolla radalla ja maastossa juostuihin testeihin. 39
- Kuvio 3. Testiprotokolla juoksumatolla suoritettuun testijaksoon. Kuorman lisäyksiä minuutin välein jatkettiin testihenkilön väsymykseen asti eli kuviossa esitettynä vain neljä ensimmäistä porrasta. 42

TAULUKOT

Taulukko 1. Naisten ja miesten kansainväliset, iän mukaiset kuntoluokitusten viitearvot (Shvartz & Reibold 1990; Salonen 2010).	24
Taulukko 2. Hengityskaasuista mitattujen, korkeimpien hengitysosamäärien sekä testin suorituksen jälkeen mitattujen, korkeimpien laktaattiarvojen (mmol/l) minimi, maksimit, keskiarvot ja keskihajonnat.	43
Taulukko 3. Pearsonin korrelaatiomatriisi mitatuista maksimaalisista hapenottokyvyn arvoista painoon suhteutettuna (VO_2max ml/kg/min). Kaikkien testien välillä havaittiin positiivinen erittäin korkea korrelaatio.	47
Taulukko 4. Testeistä saatujen maksimaalisten hapenottokyvyn arvojen (VO_2max ml/kg/min) minimi- ja maksimi-arvot, keskiarvot, keskihajonnat ja Firstbeat-testien keskiarvojen ero prosenteissa suorasta hapenottokyvyn testistä. Testi radalla (oikea maxHR) –sarakkeessa on lueteltu arvot, jotka saatiin, kun radalla suoritettuun Firstbeat testiin syötettiin arvioitujen maksimisykearvojen sijasta suorassa maksimaalisen hapenottokyvyntestissä saadut maksimisykearvot.	48
Taulukko 5. Parittaisten t-testien tulokset, kun suoritettuja Firstbeat-testejä verrattiin suoraan maksimaaliseen hapenottokyvyn testiin.	49
Taulukko 6. Post-hoc – testien (Games-Howell) keskiarvojen erot, keskivirheet ja merkitsevyysarvot.	50
Taulukko 7. Firstbeat-testeistä saatujen VO_2max -arvojen vertailu suoraan VO_2max -testin arvoihin testikohtaisesti. Henkilöt on jaettu kolmeen luokkaan eroprosentin perusteella.	51

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

ATP	adenosiinitrifosfaatti, runsasenergiainen yhdiste, joka on solujen välitön energianlähde
HR	sydämen syke
laktaatti	anaerobisen glykolyysin lopputuotteena pyruvaatista muodostuu laktaattia ja vetyioneita (Bosch & Klomp 2005, 88)
MET	lepotilan energiankulutusta kutsutaan MET-yksiköksi, levossa energiankulutus on 1 MET aikayksikköä kohti, liikunnan ja työn energiankulutus voidaan ilmaista MET-kerrannaisina
pyruvaatti	palorypälehappo (Bosch & Klomp 2005, 88)
QRS-kompleksi	Kuvaa sydämen kammioiden supistusta, koostuu kolmesta eri jännitepiikistä Q, R ja S, nähdään sydämen EKG-käyrässä (McArdle ym. 2006, 343).
R-aalto	sydämen EKG-käyrässä näkyvä jännitepiikki, yksi QRS-kompleksin jännitepiikeistä
RR-intervalli	kahden R-aallon etäisyys toisistaan
RER	Hengitysosamäärä, joka muodostuu hiilidioksidin tuoton suhteesta hapenottoon.
STAKES	sosiaali- ja terveysalan asiantuntijaorganisaatio, jonka ydintoimintoja ovat tutkimus, kehittäminen ja tilastotuotanto
vagus-hermo	ns. kiertäjähermo, kymmenes aivohermo ja tärkeä parasympaattinen hermo (Nienstedt ym. 2002, 299)
VO ₂	hapenottokyky
VO ₂ max	maksimaalinen hapenottokyky
VO ₂ R	hapenkulutusreservi (VO ₂ max – lepohapenkulutus) (Pulkkinen 2003, 3)
WHO	World Health Organisation eli maailman terveysjärjestö, ihmisten terveyteen keskittyvä yhdistyneiden kansakuntien elin

1 JOHDANTO

Hyvä aerobinen kunto on elinvoimaisuutta parantava tekijä (Strijk ym. 2010). Aerobisella harjoittelulla on todettu olevan lukuisia terveyteen liittyviä positiivisia vaikutuksia, joista esimerkkinä ovat parantuneet verenpaineen säätelymekanismit ja sydän- ja verenkiertosairauksien riskitekijöiden väheneminen. (Cornelissen & Fagard 2005.) Aerobisella harjoittelulla on todettu lisäksi olevan positiivisia vaikutuksia hoidettaessa psyykkisiä sairauksia, joista esimerkkinä on masennus (Dimeo ym. 2001).

Pyrittäessä parantamaan aerobista kuntoa on oltava menetelmiä, joilla seurataan harjoittelun vaikutuksia kunnon kehittymiseen. Harjoittelun vaikutusten näkeminen on liikkujalle motivoivaa. Toistuvan seurannan avulla voidaan arvioida harjoittelun tarkoituksenmukaisuutta ja varmistaa, että liikkuminen johtaa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseen.

Perinteisesti aerobista kuntoa on testattu laboratorio-olosuhteissa. Aerobisen kestävyysmittaus asettaa tällöin sekä taloudellisia että terveydellisiä rajoituksia testattavalle henkilölle (Keskinen ym. 2007; 51,78). Epäsuorana aerobisen kunnon arviointimenetelmänä käytettävä UKK-kävelytesti vaatii spesifin testipaikan ja on testaajalle aikaa vievä menetelmä aerobisen kunnon testaamiseen, kun testataan vain yhtä henkilöä. Lisäksi UKK-kävelytestin luotettavuutta on kyseenalaistettu erityisesti hyväkuntoisia ja paljon liikuntaa harrastavia testattaessa (Keskinen ym. 2007, 108).

Aerobista kuntoa on mahdollista arvioida sykevälivaihteluun perustuvan menetelmän avulla (Firstbeat Technologies Oy 2010). Sykevälivaihtelun huomioiva testaus tapahtuu submaksimaalisesti ja se on kuntoliikkujalle helppo suorittaa. Firstbeat Technologies Oy markkinoi palveluaan menetelmänä, joka arvioi kunnon (maksimihapenkulutus VO_{2max} / METmax) lähes mistä tahansa kävely- tai juoksulenkestä, josta on mitattu syke ja nopeus. Riittäväksi kuormitustasoksi

kuntotestiä suoritettaessa on ilmoitettu riittävän 70 % maksimisykkeestä. Lisäksi testi voidaan toteuttaa sisällä, ulkona tai perinteiseen tapaan juoksumatolla. (Firstbeat Technologies Oy 2011.) Näin ollen kuntoliikkuja voi testata kuntonsa valitsemassaan ympäristössä saatuaan tarvittavan ohjeistuksen testin suorittamisesta. Kuntotestiraportti saadaan viemällä testisuoritus tietokoneelle, johon on ladattuna Firstbeat uploader – ohjelma. Ohjelman avulla myös fysioterapeutti tai muu harjoittelua tukeva ammattihenkilö voi helposti seurata liikkujan aerobisen kunnon kehitystä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella Firstbeat-kuntotestin luotavuutta erilaisissa suoritusolosuhteissa. Yksi tulokseen vaikuttava muuttuja testiprotokollassa on nopeus. Suunto t6-mittari rekisteröi myös korkeuden muutoksia ja laskee sen vaikutuksia nopeuteen. Tutkimuksen tarkoituksena on täten selvittää erilaisten suoritusolosuhteiden vaikutuksia testin reliabiliteettiin. Näin voidaan arvioida, olisiko testimenetelmää mahdollista käyttää laajemmin aerobisen kunnon arvioimiseen ja hyödyntää sitä esimerkiksi fysioterapian kentässä.

2 HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖN TOIMINTA

Hapenkuljetuselimistöön kuuluvat keuhkot, sydän ja verenkierto. Sen päätehtävänä on tuoda elimistöön riittävästi solujen aineenvaihdunnassa tarvittavaa happea, kuljettaa tehokkaasti pois hiilidioksidia ja säädellä happo-emästasapainoa. (Aalto 2005, 22; McArdle ym. 2006, 294.) Tässä luvussa tarkastellaan hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnan perustaa, jotta aerobisen kunnon käsite olisi mahdollista ymmärtää paremmin.

2.1 Keuhkot ja hengitys

Keuhkot ovat rintaontelon sisällä liikkuva parillinen ja kimmoisa elin (Nienstedt ym. 2009, 267). Ne ovat osana hengityselimiä ja painavat keskimäärin noin kilon, levitettynä keuhkojen pinta-alaksi tulee noin 60–80 neliömetriä. Keuhkojen tilavuus vaihtelee yksilöllisesti 4-6 litran välillä. Nenän tai suun kautta hengitetty ilma etenee nielusta henkitorven kautta pääkeuhkoputkeen. Pääkeuhkoputki haarautuu kahdeksi keuhkoputkeksi johdattaen sisäänhengitetyn ilman vasempaan tai oikeanpuoleiseen keuhkopuoliskoon. (McArdle ym. 2006, 294.) Oikea keuhkopuolisko muodostuu kolmesta ja vasen kahdesta lohkost, joissa sidekudoksiset väliseinät jakavat lohkot pienempiin jaokkeisiin eli segmentteihin. Kummassakin keuhkopuoliskossa segmenttejä on yhteensä kymmenen ja sisään hengitetty ilma kulkeutuu niihin keuhkoputkenhaarojen kautta. (Nienstedt ym. 2009, 267.) Ilma jatkaa suurista keuhkoputkista yhä pienempiä ilmatiehyitä pitkin kohti alveoleja eli keuhkorakkuloita, joissa tapahtuu kaasujenvaihto (McArdle ym. 2006, 294).

Uloshengitys on levossa passiivista. Voimakkaassa rasituksessa käytetään myös sisempiä kylkivälilihaksia sekä vatsalihaksia tehostamaan ja syventämään uloshengitystä. Sisäänhengitys perustuu ilmanpaine-eroon. Pallean supistuessa ja vetäytyessä alaspäin noin 10 cm sekä uloimpien kylkivälilihasten nostaessa rintakehää rintaonteloon syntyy alipaine. Paine-ero ulkoilmaan on noin 5 mmHg ja tämän paine-eron seurauksena ilma virtaa keuhkoihin. Rasituksessa sisään-

hengitykseen käytettävien lihasten määrä kasvaa apuhengityslihasten tehostaessa sisäänhengitystä. (McArdle ym. 2006, 296.)

2.2 Kaasujen vaihtuminen keuhkoissa

Aikuisen keuhkoissa on noin 300 miljoonaa 0,2mm suuruista alveolia eli keuhkorakkulaa. Sisäänhengitetty happimolekyyli etenee suurista hengitysteistä alveolien kautta vereen ja sieltä kudoksiin. Solujen aineenvaihdunnassa syntynyt hiilidioksidi diffusoituu kudosten kautta vereen ja lopulta siirtyy keuhkojen kautta ulkoilmaan. (Nienstedt ym. 2008, 278–279.) Alveolit muodostavat pinnan, jossa kaasujenvaihto keuhkojen ja veren välillä tapahtuu. Lepotilassa noin 250ml happea lähtee alveoleista verenkiertoon ja 200ml hiilidioksidia imeytyy verestä alveoleihin. Kestävyyssurheilijoilla rasituksen aikainen hapen ja hiilidioksidin aineenvaihdunta voi olla 20-kertainen lepoarvoihin verrattuna. (McArdle ym. 2006, 294–295.)

Kaasujen vaihtuminen keuhkojen ja veren välillä sekä kudostasolla tapahtuu passiivisesti diffuusion avulla (McArdle ym. 2006, 307). Kaasut pyrkivät aina siirtymään suuremmasta osapaineesta pienempään. Hapen osapaine on ulkoilmassa merenpinnan tasolla 21,1 kPa (159 mmHg), alveoli-ilmassa noin 13,3 kPa (100 mmHg), laskimoveressä normaalitilanteessa 5,3 kPa (40 mmHg) ja useimmissa soluissa hapen osapaineen on arveltu olevan noin 4,7 kPa (35 mmHg). Lepotilassa alveoli-ilma imeytyy happea vereen noin 250 ml (10 mmol) minuutissa. Hiilidioksidin siirtyminen verestä ulkoilmaan on vastaavasti noin 200 ml (8mmol) minuutissa. Solunsisäisen hiilidioksidin osapaineen ajatellaan olevan n. 6,1 kPa (46 mmHg) ja kudostenesteessä paine on 6,0 kPa (45mmHg) samoin kuin laskimoveressä. Hiilidioksidi liikkuu hyvin helposti elimistössä, koska keuhkorakkulassakin paine on 5,3 kPa. Osapaine-ero on hyvin pieni verrattuna siihen, mitä happimolekyyli tarvitsee päinvastaiseen matkaan. (Nienstedt ym. 2008, 278–284.) Seuraava kaava kuvaa hiilidioksidin poistumista elimistöstä:

$\text{HLa} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaLa} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow$ keuhkojen kautta ulkoilmaan (McArdle ym. 2006, 243).

Kovassa rasituksessa hengitysosamäärä (RER) eli tuotetun hiilidioksidin osuus käytetystä hapesta kasvaa. Hengitysosamäärän kasvaessa glykokeenin käyttö energian lähteenä suurenee. Maitohapon muodostuessa yhä kovemmassa rasituksessa RER nousee yleensä yli arvon 1.00. Tämä johtuu veressä vetyionien puskuroinnin seurauksena uloshengitetyn hiilidioksidin määrän kasvusta suhteessa normaalisti soluhengityksessä tuotettuun hiilidioksidiin. (McArdle ym. 2006, 242–243.) RER-arvoa käytetään yleisesti yhtenä kriteerinä maksimaalisen hapenoton saavuttamisessa. Mitattaessa maksimaalista hapenottokykyä suorien menetelmin kuormittaminen voidaan lopettaa ja maksimaalinen hapenotto katsoa saavutetuksi, kun RER nousee arvoon 1-1,1. (Keskinen ym. 2007, 68.)

2.3 Sydän

Sydän on noin 300g painava autonomisen hermoston hermottama elin, joka pumppaa verta isoon ja pieneen verenkiertoon. Syke eli syketaajuus tarkoittaa sydämen lyöntiä ja se on aikuisella ihmisellä levossa yleensä 60–80 kertaa minuutissa. Hyväkuntoisen henkilön leposyke on yleensä hidas. Sydämen reagointi ruumiinponnistuksiin riippuu paljolti siitä, mihin henkilö on tottunut. Rasituksessa syketaajuus kasvaa, mutta harjoitelleella henkilöllä syke taajenee hitaammin huonokuntoiseen henkilöön verrattuna. Näin huonokuntoinen henkilö saavuttaa nopeammin maksimisykkeensä, joka nuorella henkilöllä on noin 200 kertaa minuutissa. Maksimisyke pienenee vanhetessa ja vanhuksilla se on noin 160 kertaa minuutissa. On kuitenkin otettava huomioon, että yksilölliset vaihtelut ovat suuria. Maksimisyke ei parane harjoiteltaessa, vaan harjoitellut henkilö saavuttaa sen vain hitaammin kuin harjoittelematon. (Nienstedt ym. 2008, 186, 195–198.)

Iskutilavuudeksi sanotaan sydämen yhden supistumisen aikana pumppaamaa verimäärää. Sydämen minuuttitilavuus on tulo, joka saadaan kertomalla syke

sydämen iskutilavuudella. Minuuttitilavuus on yksi parhaimmista indikaattoreista kuvaamaan verenkiertoelimistön kapasiteettia. (McArdle ym. 2006, 352.) Henkilö, jonka maksimisyke on 200 lyöntiä minuutissa ja iskutilavuus 80 ml, tuottaa minuuttitilavuudeksi 16 l ($200 \times 0,080$ l). Kovassa rasituksessa hemoglobiini sitoo happea maksimaalisesti, joten jokainen litra verta keuhkoista kohti työskenteleviä lihassoluja kuljettaa noin 200 ml happea. Sydämen minuuttitilavuuden ollessa 16 l, 3200 ml happea kuljetetaan joka minuutti verenkierron välityksellä. Hapenottokyvyn teoreettiseksi ylärajaksi esimerkin henkilöllä voidaan pitää 3200 ml/min. Tällöin ei kuitenkaan oteta huomioon muiden kudosten kuten aivojen hapentarvetta, johon rasituksen kasvaminen ei tosin liiemmin vaikuta. Lisääntynyt iskutilavuus parantaa suoraan henkilön maksimaalista hapenotto-kykyä. Jos iskutilavuus kasvaa 80 millilitrasta 200 millilitraan maksimisykkeen pysyessä samana, minuuttitilavuus kasvaa 40 l. Minuutin aikana kuljetettava happimäärä kasvaa siten noin 2,5-kertaiseksi 3200 millilitrasta 8000 millilitraan. (McArdle ym. 2006, 357.)

Sydänlihaksen supistumisimpulssi syntyy sydämen impulssijohtojärjestelmässä. Aktiopotentiaali leviää näistä erikoistuneista sydänlihassyistä muualle sydämen eri osiin. Sydämen johtoratajärjestelmään kuuluvat sinussolmuke, eteisradat, eteis-kammiosolmuke sekä eteis-kammiokimppu ja tämän haarat. Sydämen supistuminen alkaa yleensä sinussolmukkeen lähettämästä sähköisestä impulssista, josta ärsytystila leviää nopeasti koko sydämeen. Sinussolmuke on noin 1 cm pituinen kaistale sydänlihaskudosta, joka sijaitsee oikean eteisen takaseinämässä. Sydänlihassolut noudattavat ”kaikki tai ei mitään periaatetta” eli sydän joko supistuu kokonaan täydellä voimallaan tai sitten ei ollenkaan. (Nienstedt ym. 2008, 192–193.)

2.4 Hapen kulkeutuminen työskenteleviin lihaksiin ja hiilidioksidin poistuminen elimistöstä

Happimolekyyli siirtyy alveolista keuhkokapillaariin noin neljäsosa sekunnissa, jolloin veren happiosapaine tasoittuu lähes samaksi kuin alveolien. Kukin verisolu viipyy keuhkokapillaarissa noin sekunnin. Rasituksessa litra verta luovuttaa happea kudoksiin paremmin johtuen korkeammasta vallitsevasta lämpötilasta, korkeammasta hiilidioksidin osapaineesta lihaksessa sekä matalammasta pH:sta. (Nienstedt ym. 2008, 278–282). Oheiset tekijät vaikuttavat happea sitovan hemoglobiinin rakenteeseen, jolloin se luovuttaa hapen helpommin sitä tarvitseville lihaksille. Tätä kutsutaan Bohrin vaikutukseksi. (McArdle ym. 2006, 311.)

Vereen siirtyneestä hapesta 99 % sitoutuu hemoglobiiniin ja loput liukenee plasmaan ja punasolujen nesteeseen. (Nienstedt ym. 2008, 280–284). On laskettu, että hiilidioksidi kulkisi hyvin ilman hemoglobiinia, mutta hemoglobiini lisää veren hapenkuljetuskapasiteettia noin 65-kertaiseksi (McArdle ym. 2006, 313).

Hemoglobiinin lisäksi luuranko- ja sydänlihaskudoksessa on rautapitoista proteiiniyhdistettä, jota nimitetään myoglobiiniksi. Yhdessä myoglobiinimolekyylistä on yksi rauta-atomi verrattuna hemoglobiinin neljään rauta-atomiin. Myoglobiinin tehtävä on lisätä hapen saantia lihaksille suorituksen intensiteetin ollessa korkea. Kudosten happiosapaineen laskiessa alle 10 mmHg myoglobiini luovuttaa happea tehokkaimmin. (McArdle ym. 2006, 311–312.)

Soluissa tuotettu hiilidioksidi kuljetetaan veren mukana keuhkoihin kolmella eri tavalla:

- 1) 7-10 % liuenneena plasmaan vapaana hiilihappona
- 2) 20 % veren proteiineihin sitoutuneena (hemoglobiini mukaan luettuna)
- 3) 70 % hiilihapon ja veden yhdisteenä bikarbonaattina. (McArdle ym. 2006, 313.)

Hiilidioksidiosapaineen noustessa hiilidioksidista ja vedestä muodostuu hiilihappoa nopeasti. Päinvastoin hiilihapon diffusioituminen plasmasta alveoleihin laskee plasman hiilidioksidiosapainetta, jolloin hiilihappo muuttuu takaisin hiilidioksidiksi ja vedeksi. Hiilidioksidin on mahdollista näin poistua ulkoilmaan (McArdle ym. 2006, 313.)

3 ENERGiantuotto ja lihasten aineenvaihdunta

Verenkiertoelimistön merkityksen liikunnassa ymmärtää vasta tarkastelemalla paremmin energiantuottoa ja hapen osuutta siinä. Koska ihmiskehossa tapahtuu energianvaihtoa lähes jokaisessa solussa, tarvitaan varastoitava substanssi energian säilömiseksi ja vapauttamiseksi. Vastaavana tekijänä kehossa toimii adenosiinitrifosfaatti, joka on linkkinä anabolisten ja katabolisten reaktioiden välillä. Energiaa tuotetaan epäsuorasti rasvoista ja hiilihydraateista sekä vähäisiä määriä proteiineista. Näistä saatavaa energiaa ei voi kuitenkaan suoraan käyttää lihastyöhön, koska vapautuva energia ei riitä lihassupistuksen aikaansaamiseksi. Hyväksikäytettävä energia muutetaan ensin väliaikaisesti adenosiinitrifosfaatiksi (ATP). ATP on solunsisäisen energianvaihdon polttoaine. Vasta ATP:n hajottaminen energiaksi tuottaa lihastyöhön vaadittavan energian. (Bosch & Klomp 2005, 83.)

$\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i + \text{H}^+ + \text{Energiaa}$ (Bosch & Klomp 2005, 83).

Adenosiinitrifosfaattia on mahdollista varastoida lihakseen vain pieniä määriä, joten sitä täytyy jatkuvasti resyntetisoida samaa vauhtia kuin mitä on lihastyöhön vaadittava tarve energialle. ATP varastojen on arvioitu olevan soluissa yhteensä noin 100 g:n luokkaa. Tämä riittää parin sekunnin liikuntasuoritukseen. Maratonin on laskettu vaativan jopa 80 kg ATP:tä. (McArdle ym. 2000, 179.)

Neljä prosessia on jatkuvasti toiminnassa ATP:n resyntetisoimiseksi. Energian sitomista ATP:ksi sanotaan fosforylaatioksi. (Bosch & Klomp 2005, 84.) Nämä neljä prosessia fosforylaation aikaansaamiseksi ovat:

- 1) Kreatiinifosfokineesireaktio, jossa käytetään lihasten fosfokreatiinivarastoja,
- 2) adenylaattikineesireaktio,
- 3) glykolyysi,
- 4) aerobinen fosforylaatio

(Bosch & Klomp 2005, 84; Fogelholm ym. 2011, 21–22).

Vaikka kaikki neljä prosessia tapahtuvat samanaikaisesti, kanava, jolla vaadittavaa energiaa tuotetaan suhteessa eniten, riippuu lihastyön kestosta ja intensiteetistä. Kreatiinifosfokineesin avulla on mahdollista tuottaa ATP:tä 5-15 sekunnin ajaksi. Adenylaattikineesin avulla energiaa on mahdollista tuottaa vain erittäin pieniä määriä vielä paljon lyhyemmäksi ajaksi. Täten lihastyön jatkamiseksi vaaditaan muita tapoja ATP:n tuottamiseksi. (Bosch & Klomp 2005, 86–88.)

Hajottamalla glukoosia sekä maksaan ja lihaksiin varastoitua glykogeeniä on mahdollista tuottaa pyruvaattia, josta energiaa on mahdollista vapauttaa ATP:n resyntetisoimiseksi. Tätä kutsutaan glykolyysiksi. Pyruvaatin muodostumisen jälkeen energiantuottoprosessi voi jatkua kahdella eri tavalla:

- 1) Pyruvaatti voidaan kuljettaa mitokondrioihin, jolloin ATP:tä muodostetaan aerobisesti.
- 2) Pyruvaatti voidaan muuttaa laktaatiksi ja vetyioneiksi. (Bosch & Klomp 2005, 88.)

Laktaatin muodostuminen ei riipu hapen läsnäolosta prosessissa vaan mitokondrioiden suhteellisesta aktiviteetista. Täten on parempi puhua hitaasta glykolyysistä ja nopeasta glykolyysistä. Kun pyruvaatti kuljetetaan mitokondrioihin ja energiaa tuotetaan aerobisesti, prosessi kestää 2,5 kertaa pitempään verrattuna nopeaan glykolyysiin. Kuitenkin hitaan glykolyysin avulla 1 mmol:ista glukoosia saadaan 36–38 mol ATP:tä kun taas nopean glykolyysin avulla saatava energia on 2 mol ATP:tä. (Bosch & Klomp 2005, 91.) Laktaatin muodostuminen on reaktio, joka lisää lihasten happamuutta kerääntyessään lihassyihin (Fogelholm ym. 2011, 21). Lihasten happamuuden lisääntyminen johtuu sivutuotteena syntyneistä vetyioneista, joilla on haitallisia vaikutuksia työskentelevien lihassolujen entsyymiaktiivisuuteen (Bosch & Klomp 2005, 91). Happamuuden lisääntyminen on haitaksi, sillä se heikentää lihasten supistumisominaisuuksia ja aiheuttaa kivun tunnetta. Edellä mainituista syistä urheilusuoritusta, jossa käytetään enimmäkseen nopean glykolyysin tuottamaa energiaa, ei voida jatkaa kovinkaan pitkään. Nopean glykolyysin osuuden ollessa 70 % koko energiankäy-

töstä uupumus iskee viimeistään noin minuutin rasituksen jälkeen. (Fogelholm ym. 2011, 21.) Maksimaalista hapenottokykyä testatessa laktaattipitoisuuden tulisi nousta henkilöstä riippuen 8-15 mmol·l⁻¹, jotta pitoisuus on riittävä toteamaan testin maksimaalisuutta (Keskinen ym. 2007, 68). Nopean glykolyysin etuna on siis se, että energiaa saadaan nopeasti käyttöön. Siitä saatavan energian määrä on kuitenkin vähäinen verrattuna aerobisiin reitteihin. (Bosch & Klomp 2005, 91.)

Aerobiset prosessit mitokondrioissa energian tuottamiseksi ovat riippuvaisia verenkierto- ja hengityselimistön kunnosta. Hengitys- ja verenkiertoelimistö vastaa hapen kuljettamisesta työskentelevien lihassolujen mitokondrioihin. Hengitys- ja verenkiertoelimistö on kuitenkin anatomisesti kaukana solunsisäisestä aineenvaihdunnasta. Lisäksi mitokondriot tarvitsevat aikaa tullakseen aktiiviseksi. Aerobinen energiantuotto onkin kaikista hitain prosessi aktivoitumaan ja sen katsotaan olevan täysin aktiivinen vasta kahden minuutin jälkeen lihastyön aloittamisesta. Vaikka prosessi on hidas, energiaa voidaan tuottaa erittäin pitkiä aikoja, eikä prosessilla ole aineenvaihdunnallisesti haitallisia sivutuotteita. (Bosch & Klomp 2005, 88–98.)

Varastorasva muodostaa kehon suurimman energiavaraston. Verrattuna proteiineihin ja hiilihydraatteihin varastorasva tarjoaa käytännössä melkein loputtoman energian lähteen. Keskiverto aikuisella miehellä on 60 000–100 000 kcal energiaa triglyserideina rasvasoluissa ja noin 3000 kcal lihaksensisäisesti lähellä mitokondrioita. Yhdestä triglyseridimolekyylistä saadaan 457 molekyylia ATP:tä. Tämä vaatii hapen läsnäolon prosessissa. Aerobinen harjoittelu parantaa aerobista energianmuodostusta ja rasvojen käyttöä energiaksi. (McArdle ym. 2006, 192–199.)

4 AUTONOMINEN HERMOSTO JA SYKEVÄLIVAIHTELU

Tässä kappaleessa selvitetään perusteet autonomisesta hermostosta ja sykevälivaihtelusta sekä niiden yhteydestä, sillä autonominen hermosto on tärkein sykevälivaihtelua säätelevä tekijä (Heinonen 2007, 8).

4.1 Autonominen hermosto

Autonomisella hermostolla tarkoitetaan ei-tahdonalaista hermostoa, eikä sen toimintaan voi vaikuttaa suoraan tahdon avulla. Autonomisen hermoston toiminnot eivät ole kuitenkaan täysin riippumattomia tahdonalaisesta käyttäytymisestä. Esimerkiksi jokin jännittävä tai pelottava tilanne voi saada aikaan mm. pulssin kiihtymisen tai ruuansulatuselinten reaktioita. Autonomisia toimintoja ohjaavat hypothalamus, aivorunko, limbinen järjestelmä ja ydinjatke. Ydinjatke säätelee mm. hengitystä, yskimistä sekä sydämen ja verisuonten toimintaa. (Nienstedt ym. 2008, 538–539.)

Autonomisen hermoston osat ovat parasympaattinen ja sympaattinen hermosto. Eliimiin tulee pääsääntöisesti sekä sympaattisia että parasympaattisia hermosyitä, jotka välittävät vastakkaisia toimintakäskyjä. Käskyjen suhteellinen voimakkuus määrää sen, miten elin käyttäytyy. Lisäksi parasympaattiset ja sympaattiset hermosyyt vaikuttavat toisiinsa. (Nienstedt ym. 2008, 540.) Sympaattisen ja parasympaattisen hermoston vuorovaikutusta kutsutaan mm. sympatovagaaliseksi interaktioksi. Vuorovaikutus ei kuitenkaan ole niin yksiselitteistä ja niin kaksijakoista kuin on ajateltu, vaan se on hyvinkin monimuotoista ja vaikeasti tulkittavaa. Hieman yleistäen voidaan sanoa, että sympaattinen hermosto aktivoituu, kun ärsytetään vagus-hermoa ja päinvastoin. (Laitio ym. 2001, 250.) Sympaattinen hermosto toimii äkillisissä kriisitilanteissa, kun taas parasympaattinen hermosto levossa ja esim. ruokaa sulateltaessa. (Nienstedt ym. 2008, 538–544.)

Sydämen toimintaa nopeuttavat ja voimistavat sydämeen tulevat sympaattiset hermot kun taas parasympaattiset hermot hidastavat sitä. Sydän pystyy toimimaan kuitenkin myös automaattisesti eli hermoyhteydet eivät ole välttämättömiä supistuksen alkamiselle. (Nienstedt ym. 2008, 192.) Sympatikuksen seurauksena verenkierto vilkastuu sydämen sykkinnän nopeutuessa ja sen iskuvoimavuuden kasvaessa (Nienstedt ym. 2008, 541).

Autonominen hermosto saa elimistössä aikaan fyysisen rasituksen yhteydessä eräänlaisen hälytystilan. Fyysinen rasitus toimii siis stimuluksena, johon autonominen hermosto reagoi. (Moilanen 2008, 13.) Sydän reagoi nopeasti muutoksiin, mikä näkyy sydämen sykkeessä ja verenkierrossa (Moilanen 2008, 17). Elimistö yrittää sopeuttaa sykettä tapahtuviin fysiologisiin muutoksiin. Autonominen hermosto on siis tärkein sykevälivaihtelua säätelevä tekijä. (Heinonen 2007, 8.)

4.2 Sydämen sykevälivaihtelu

Sykevälivaihtelulla tarkoitetaan sydämen yksittäisten lyöntien välistä vaihtelua. Sykevälivaihtelua mitataan laskemalla sykkeessä havaittavien R-aaltojen etäisyyttä toisistaan (Kuva 1). (Moilanen 2008, 8.) Kuvassa 1 on esitetty myös QRS-kompleksi, joka kuvaa kammioiden supistumista. Negatiivinen Q-aalto tulee ennen positiivista R-jännitepiikkiä. Negatiivinen S-aalto tulee R-aallon jälkeen. (McArdle ym. 2006, 343.)



Kuva 1. Sydämen sykevälivaihtelu ja R-R – intervalli. Punainen katkoviiva havainnollistaa QRS-kompleksia.

(Mukailtu: <http://www.hyvinvointikartoitus.fi/index.php?page=121>)

Sydämen sykevälien määrittämisessä käytetään usein EKG-mittaria. Tämän lisäksi sykeväliä voidaan määrittää sykemittarilla. Ehtona on, että sykemittarin resoluutio on riittävän hyvä R-piikkien tunnistamiseksi. (Ajoviita 2007, 22.) EKG-mittauksessa kaikkialle kehoon ulottuvan sähkökentän vaihtelu piirtyy jatkuvaksi käyräksi. Sähkökentän synnyttää sydänlihaksen aktivoituminen ja lepotilaan palautuminen. EKG-käyrässä näkyvät sydänlihaksen depolarisaatiotapahtumat, jotka erottuvat erisuuruksina poikkeamina perusviivasta. Poikkeamat näkyvät heilahduksina tai aaltoina, joita kutsutaan eteis- ja kammioheilahduksiksi sen mukaan, mikä niiden anatominen lähtökohta on. Eteis- ja kammioheilahdusten järjestyksestä, kestosta ja toisaalta muodosta koostuu EKG:n sisältämä tieto sydämen sähköisestä toiminnasta. (Heikkilä & Mäkijärvi 2003, 16.)

Sydämen sykevälivaihteluun vaikuttavat useat tekijät, jotka säätelevät sydämen toimintaa tarkasti. Autonominen hermosto on tärkein sykevälivaihtelua säätelevä tekijä. Siinä sympaattisen ja parasympaattisen osion tasapaino on tärkeässä osassa. Yksilölliset tekijät, kuten ikä, sukupuoli, fyysinen kunto ja erilaiset psyykkiset tilat vaikuttavat sykevälivaihteluun. (Heinonen 2007; 7-8, 13; Laitio ym. 2001, 249.) Sekä tieteellisessä tutkimuksessa että kliinisessä työssä käytetään sydämen syklistä vaihtelua lyönti lyönniltä epäsuorana autonomisen hermoston toiminnan mittarina. Sykevälivaihtelussa voidaan erottaa sekä suuri-

että matalataajuista vaihtelua. Sympaattinen hermosto on luonteeltaan hidasta, ja siksi se aiheuttaa lähinnä matalataajuista vaihtelua sykedynamiikkaan. Parasympaattinen hermosto puolestaan aiheuttaa lähinnä suuritaajuista vaihtelua, mutta se vaikuttaa myös matalataajuisella alueella. Keuhkoissa toimivat reseptorit ja myös keskushermoston toiminta joltain osin säätelevät suuritaajuista sykedynamiikkaa. Pienempitaajuista sykevaihtelua säätelevät puolestaan pääasiassa baroreseptorit sekä sydämen mekano- ja kemoreseptorit, jotka sijaitsevat suurissa verisuonissa, ääreisverisuonistossa ja lisäksi sydämen kammioissa. On kuitenkin muistettava, että sympaattinen ja parasympaattinen hermosto toimivat jatkuvassa vuorovaikutuksessa keskenään, niin kuin edellisessä kappaleessa mainittiin. (Laitio ym. 2001, 249–250.)

5 AEROBINEN KUNTO

Aerobisella kunnolla viitataan hapenkuljetuselimistön kuntoon viedä happea työskenteleville lihaksille ja poistaa palamistuotteena syntyvää hiilidioksidia elimistöstä. Keuhkojen ja sydämen kyky selviytyä kestävyttä ja kuormitusta vaativista tilanteista kuvaa henkilön kuntoa (Kettunen ym. 2002, 165). Aerobisella kunnolla on erityinen vaikutuksensa kestävyteen yhdessä lihasten aineenvaihdunnan ja hermoston toiminnan kanssa. Parantuneen aerobisen kestävyuden on todettu pienentävän riskiä sairastua sydän- ja verenkiertoelinten sairauksiin, ja se saattaa jopa ehkäistä ennen aikaista kuolemaa. (Keskinen ym. 2007, 51.) Lisäksi aerobisella harjoittelulla on lukuisia positiivisia vaikutuksia liittyen hengitys- ja verenkiertojärjestelmän adaptaatioihin, verenpaineeseen, aineenvaihduntaan ja esimerkiksi kehon koostumukseen. Aerobisella harjoittelulla on myös lukuisia positiivisia psykologisia vaikutuksia. (McArdle ym. 2006, 440–446.)

5.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalista hapenottokykyä eli hengitysilmaasta mitattua hapenkulutuksen suurinta arvoa rasituksen aikana käytetään mm. urheilulääketieteessä kuvaamaan hengitys- ja verenkiertoelinten suorituskyyä (Nienstedt ym. 2008, 283). Maksimaalinen hapenottokyky eli $VO_2\text{max}$ määritellään Ari Nummelan sanoin maksimaaliseksi hapenkulutukseksi aikayksikköä kohti suorituksessa, jossa isot lihasryhmät tekevät työtä, ja suoritusta jatketaan progressiivisesti nousevassa kuormituksessa jatkaen uupumukseen asti (Keskinen ym. 2007, 51). Maksimaalinen hapenottokyky, josta käytetään myös käsitettä maksimaalinen hapenkulutus, on verenkiertoelimistön toiminnan paras yksittäinen kuvaaja, ja sen mittaaminen suoralla tai arvioiminen epäsuoralla menetelmällä on yleisin tapa kestävyysominaisuuksien määrittämiseen (Kukkonen ym. 2001, 82; Keskinen ym. 2007, 51). Nuoren miehen maksimaalinen hapenottokyky on yleensä kolmesta neljään litraa minuutissa (l/min) tai millimoolleina ilmoitettuna 120–160 mmol/min (Nienstedt ym. 2008, 283). Naisilla absoluuttinen $VO_2\text{max}$ on 40–45% pienempi kuin miehillä (Keskinen ym. 2007, 53).

Mitattuun maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat sukupuolen lisäksi ikä, työtä tekevien lihasten määrä, testin kuormitusmalli ja testin kuormituksen kesto sekä harjoittelu. Myös kehon paino vaikuttaa VO_{2max} -arvoon siten, että suurikokoisilla ihmisillä se on suurempi kuin pienikokoisilla. Tästä syystä VO_{2max} voidaan ilmoittaa myös kehon painoon suhteutettuna (ml/kg/min) sen sijaan, että tulos ilmoitettaisiin pelkkänä absoluuttisena tilavuutena minuutissa (l/min). (Kukkonen ym. 2001, 82; Keskinen ym. 2007, 53.) Tässä opinnäytetyössä vertaillaan painoon suhteutettuja maksimaalisen hapenottokyvyn tuloksia (ml/kg/min). Se on parempi tapa hapenottokyvyn ilmaisemiseen lajeissa, joissa yksilön tulee kannatella koko kehon paino. Lajeissa, kuten pyöräily ja soutu, väline kannattelee suurimman osan kehon painosta ja tästä syystä absoluuttisen VO_{2max} :n merkitys on niissä suurempi. (Keskinen ym. 2007, 53). Taulukossa 1 on esitettyä maksimaalisen hapenottokyvyn (ml/kg/min) avulla luokitellut kestävyyskunnan viitearvot 20–65-vuotiaille naisille ja miehille.

Taulukko 1. Naisten ja miesten kansainväliset, iän mukaiset kuntoluokitusten viitearvot (Shvartz & Reibold 1990; Salonen 2010).

Kestävyyskunnan luokittelu naisilla maksimaalisen hapenottokyvyn avulla (VO_{2max} ml/kg/min).

	1	2	3	4	5	6	7
Ikä / kuntotaso	Heikko	Huono	Välttävä	Keskimäär.	Hyvä	Erittäin hyvä	Erinomainen
20–24	alle 27	27–31	32–36	37–41	42–46	47–51	yli 51
25–29	alle 26	26–30	31–35	36–40	41–44	45–49	yli 49
30–34	alle 25	25–29	30–33	34–37	38–42	43–46	yli 46
35–39	alle 24	24–27	28–31	32–35	36–40	41–44	yli 44
40–44	alle 22	22–25	26–29	30–33	34–37	38–41	yli 41
45–49	alle 21	21–23	24–27	28–31	32–35	36–38	yli 38
50–54	alle 19	19–22	23–25	26–29	30–32	33–36	yli 36
55–59	alle 18	18–20	21–23	24–27	28–30	31–33	yli 33
60–65	alle 16	16–18	19–21	22–24	25–27	28–30	yli 30

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu).

Kestävyyuskunnan luokittelu miehillä maksimaalisen hapenottokyvyn avulla (VO _{2max} ml/kg/min).							
	1	2	3	4	5	6	7
Ikä / kuntotaso	Heikko	Huono	Välttävä	Keskimäär.	Hyvä	Erittäin hyvä	Erinomainen
20–24	alle 32	32–37	38–43	44–50	51–56	57–62	yli 62
25–29	alle 31	31–35	36–42	43–48	49–53	54–59	yli 59
30–34	alle 29	29–34	35–40	41–45	46–51	52–56	yli 56
35–39	alle 28	28–32	33–38	39–43	44–48	49–54	yli 54
40–44	alle 26	26–31	32–35	36–41	42–46	47–51	yli 51
45–49	alle 25	25–29	30–34	35–39	40–43	44–48	yli 48
50–54	alle 24	24–27	28–32	33–36	37–41	42–46	yli 46
55–59	alle 22	22–26	27–30	31–34	35–39	40–43	yli 43
60–65	alle 21	21–24	25–28	29–32	33–36	37–40	yli 40

5.2 Kestävyyuskunnan hyödyt kansanterveydelle

Kestävyyssuhteinen liikunta vaikuttaa positiivisesti sekä terveyteen että toimintakykyyn (Leinonen & Havas 2008, 106). Fyysisesti inaktiivinen elämäntapa heikentää hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskäytön säilymistä hyvänä läpi elämän. Huono fyysinen kunto lisää riskiä sairastua verenkiertoelimistön, tuki- ja liikuntaelimistön tai aineenvaihdunnan sairauksiin. (Talvitie ym. 2006, 197.) Kestävyyssuhteisen liikunnan vähäisyys yhdistetään terveysongelmiin tai sairauksiin kuten lihavuuteen, metaboliseen oireyhtymään, korkeaan verenpaineeseen, tyypin 2 diabetekseen, sepelvaltimotautiin, aivohalvaukseen sekä eräisiin syöpämuotoihin kuten paksusuolensyöpään (Leinonen & Havas 2008, 106). Tämän takia fyysisen kunnan harjoittaminen ja tieto fyysisen kunnan tilasta on tärkeää ihmisten hyvinvoinnin kannalta.

Maksimaalisen hapenkulutuksen arvoa käytetään yleisesti kestävyyden mittarina (Leinonen & Havas 2008, 104). Maksimaalisen hapenkulutuksen arvo on objektiivinen fyysisen kunnan mittari, jolla näyttää olevan fyysisen aktiivisuuden tasoa voimakkaampi yhteys toimintakykyisyyteen. Tähän on perusteluna se, että aerobinen kapasiteetti on riippuvainen spesifistä harjoittelusta, ja se on myös geneettisesti määräytyvä ominaisuus. Lisäksi aerobisen kapasiteetin nousulle on edellytyksenä riittävä fyysisen kuormituksen teho, määrä ja tiheys, eikä tällaista harjoittelua tapahdu välttämättä osana normaalia fyysistä aktiivisuutta.

Maksimaalinen hapenottokyky mitataan usein laboratorio-olosuhteissa, mikä on huomattavasti tarkempi menetelmä kuin kyselytutkimuksilla selvitetty fyysisen aktiivisuuden taso. (Leinonen & Havas 2008, 107.)

Liikuntaneuvonta on olennaisessa asemassa terveysliikunnan edistämisessä. Aloitteleville liikunnan harrastajille ja niille, joille liikunnalla on merkittävä sairastumisvaaraa vähentävä merkitys, yksilöllinen liikuntaneuvonta on erityisen tärkeää. Tämän lisäksi mm. terveystavoitteisten liikuntaryhmien sekä testaus- ja välinepalvelujen avulla voidaan parantaa terveyttä edistävän liikunnan omaksumista ja säilyttämistä. (Miettinen 2000, 111.) Esimerkiksi yritysten, työpaikan ja työyhteisön terveydenedistämishjelman organisoinnin ja onnistumisen keskeisiin tunnuspiirteisiin luokitellaan mm. monipuolinen ja motivoiva ohjelma, välitön palaute mittauksista ja edistymisestä sekä johdonmukainen tulosten arviointi ja seuranta (Miettinen 2000, 257). Samat tunnuspiirteet ovat varmasti tärkeitä ja yleistettävissä olevia koskemaan muitakin kuin työssä käyvää väestöä. Firstbeat-kuntotestin esitetään olevan helppo tapa seurata ja arvioida tarkasti kunnan kehitystä (Firstbeat Technologies Oy). Mikäli näin on, testiä voitaisiin harkita käytettäväksi myös fysioterapian välineenä kestävyyskunnan määrittämisessä sekä kunnan kehityksen seuraamisessa. Konkreettinen kestävyyskunnosta saatu tieto on yksilölle motivoivaa ja mittauksia toistamalla voidaan arvioida fysioterapiassa toteutetun ja/tai ohjatun harjoittelun vaikutuksia aerobiseen kuntoon.

5.3 Aerobisen kunnan testausmenetelmät

Tietoa aerobisesta kunnosta saadaan yleisimmin mittaamalla maksimaalinen hapenottokyky suoran menetelmän avulla tai arvioimalla sitä epäsuorin menetelmin. Koska $VO_2\text{max}$ on hyvin lajispesifinen, se tulee ottaa huomioon erityisesti tuloksia vertailtaessa (Keskinen ym. 2007; 51, 76).

Epäsuorien menetelmien, kuten submaksimaalisen polkupyöräergometritestin ja UKK-kävelytestin, kautta saadaan tietoa aerobisesta kunnosta $VO_2\text{max}$ -arvion kautta. Vastaavasti arvio $VO_2\text{max}$:stä saadaan myös sydämen sykevälivaihte-

luun perustuvan teknologian avulla, johon perehdytään myöhemmin seuraavassa luvussa.

5.3.1 Aerobisen kestävyys suoraa mittausmenetelmät

Suoria hapenottokyvyn testimenetelmiä käytetään usein urheilijoiden testauksessa, koska suorituskykyä pyritään arvioimaan tarkasti ja testimenetelmiltä vaaditaan hyvää mittaustarkkuutta. VO_{2max} :ä voidaan mitata sekä lyhyellä että pitkällä menetelmällä. Pitkää menetelmää käytetään, jos maksimaalisen hapenottokyvyn selvittämisen lisäksi tahdotaan määrittää ns. kynnystehot, jotka kertovat submaksimaalisen kestävyys tasosta. Lyhyt testi riittää, jos tarkoituksena on mitata vain maksimaalista hapenottokykyä. (Keskinen ym. 2007, 64–65.) Tässä tutkimuksessa toteutettiin suora hapenottokyvyn testi lyhyttä menetelmää käyttäen. Suora hapenottokyvyn testi suoritetaan useimmiten juoksumatolla tai polkupyöräergometrillä, mutta testissä voidaan käyttää myös muita kuormitusmuotoja, kuten soutua, hiihtoa tai stimuloitua työtehtävää (Kukkonen ym. 2001, 83–84). Suora aerobinen maksimitesti on hyvä suorittaa lajinomaisesti, jotta tulokset olisivat mahdollisimman todenmukaisia juuri kyseiselle lajille. Kestävyys suorituskykyisyys, joka perustuu maksimaaliseen aerobiseen energiantuottokykyyn, pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyys, suorituksen taloudellisuuteen sekä hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyyteen, on aina lajispesifistä. Kyseisistä tekijöistä kaikkia paitsi hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyyttä voidaan kuvata suoralla maksimaalisen hapenottokyvyn testillä. (Keskinen ym. 2007, 75.)

VO_{2max} :n mittaamisessa suoralla menetelmällä on kuitenkin omat ongelmansa. Testien suorittamiseen tarvitaan laboratorio-olosuhteet, kalliit laitteet ja koulutettu henkilökunta. Maksimaalisen rasituksen takia myös lääkärin on hyvä olla paikalla testiä suoritettaessa. (Keskinen ym. 2007, 78.) Tätä tai vähintään lääkärin tarkastusta vaaditaan erityisesti, kun mittaustilanteeseen saattaa liittyä terveydellinen riski testin korkeasta kuormittavuustasosta johtuen. Näin on erityisesti niiden henkilöiden kohdalla, jotka sairastavat jotakin vakavaa hengitys-, sydän-, tai verenkiertoelimistön sairautta tai joiden kohdalla on syytä epäillä sellaista.

Tämä koskee myös henkilöitä, joilla on verenpainetauti tai korkea verenpaine. Lääkärin tarkastuksen tai läsnäolon testin aikana tarvitsevat lisäksi liikuntaa harrastamattomat yli 40-vuoden ikäiset miehet sekä yli 45-vuoden ikäiset naiset. (Talvitie ym. 2006, 134.)

5.3.2 Aerobisen kestävyuden arviointimenetelmät

Epäsuorat menetelmät, joissa arvioidaan VO_{2max} :ä, riittävät tavallisen kunto-
liikkujan testaukseen, sillä silloin ei tarvita niin suurta mittaustarkkuutta kuin urheilijoita testattaessa. (Keskinen ym. 2007, 65.) Submaksimaaliset menetelmät ovat myös turvallisempia kuin maksimaalinen testi, kohtuullisia kustannuksiltaan ja aikaa säästäviä. Testit tehdään yleensä juoksumatolla tai polkupyöraergometrillä, mutta lisäksi on olemassa kenttäolosuhteissa tehtäväksi tarkoitettuja askeltamis-, kävely- ja juoksutestejä. (Keskinen ym. 2007, 78.) Henkilön kunto voidaan määrittää myös lepotilassa tutkimusten perusteella kehiteltyjen mittausmenetelmien avulla. Ne perustuvat tietoon, jonka mukaan fyysisellä kunnolla on yhteyttä sydämen sykevälivaihteluun (R-R-aika) lepotilassa. (Kettunen ym. 2002, 169.) Tästä esimerkkinä on ”Polar-kuntotestinä” tunnettu menetelmä, jossa aerobista kuntoa arvioidaan testattavan taustatietojen ja leposykemittausten avulla. (Keskinen ym. 2007, 78.)

Polkupyöraergometrillä toteutettavat submaksimaaliset testit ovat yleisesti käytössä olevia aerobisen kestävyys suorituskyvyn arviointimenetelmiä. Näissä tutkittavan henkilön sydämen työmäärää lisätään nostamalla poljettavan kuorman suuruutta portaittain. Yleisimmin käytössä on WHO:n kolmiportainen testi, joka aloitetaan vähintään kolmen minuutin pituisella verryttelyllä pienellä kuormalla ja tämän jälkeen lisätään sitä yksilöllisesti tehdyn suunnitelman mukaisesti. Jokaista kuormaa poljetaan neljä minuuttia ja tulos on luotettava, jos tutkittavan henkilön sydämenlyöntitiheys on mittauksen lopussa 85 % sydämen maksimaalisesta lyöntitiheydestä. (Talvitie ym. 2006, 134–135.)

UKK-instituutin kävelytesti on kenttätestinä hyvin yleinen. Siinä kävellään kahden kilometrin matka mahdollisimman nopealla tahdilla siten, että suoritus olisi

nopeudeltaan tasainen. (Aalto 2005, 24.) Kävelyalustan on oltava kovapintainen sekä tasainen ja luotettavin arvio maksimaalisesta aerobisesta tehosta saavutetaan, kun kävelyvauhti vastaa vähintään 80 % henkilön maksimisykkeestä. Alle 70 %:n vauhdilla suoritettuna kävelytesti ei pysty mittaamaan kuntoa luotettavasti. (Oja ym. 2002, 52; Kukkonen ym. 2001, 87.) Testitulokset ilmaistaan kuntoindeksinä, joka määräytyy henkilön iän, sukupuolen, pituuden, painon ja kävellyn käytetyn ajan sekä kävelyn lopussa mitatun sykkeen mukaan. Indeksien perusteella on laadittu viisiluokkainen kuntoluokitus, jonka avulla testattavien testituloksia verrataan muiden samanikäisten kuntoon. (Oja ym. 2002, 6). Testin luotettavuus kärsii kuitenkin hyväkuntoisia ja paljon liikuntaa harrastavia testattaessa eikä testiä suositella ylipainoisille liikuntaa harrastamattomille (Keskinen ym. 2007, 108).

5.4 Testausmenetelmien käyttö fysioterapiassa

Fyysisen suorituskyvyn mittaaminen on keskeinen osa fysioterapeuttista tutkimista, kun selvitetään asiakkaan toimintakykyä. Tästä syystä on tärkeää, että fysioterapeutit omaavat ammattikuntana hyvän perustietotason myös aerobisen kunnon mittaamisesta ja osaavat täten valita asiakkailleen parhaiten soveltuvat mittausmenetelmät mittaamisen tarkoituksen mukaisesti (Talvitie ym. 2006, 133). STAKES:in vuonna 2004 tehdystä raportista, joka käsittelee toiminta- ja työkyvyn fyysisiä arviointi- ja mittausmenetelmiä, tulee julki, että yleiskestävyystä selvitettäessä menetelminä käytettiin eniten epäsuoraa ergometritestiä, UKK-instituutin kahden kilometrin kävelytestiä sekä kuuden minuutin kävelytestiä. Näitä arviointimenetelmiä käytettiin tutkimuksen mukaan säännöllisesti. (Smolander ym. 2004, 16–17.)

Fysioterapiassa pyritään parantamaan tai ylläpitämään asiakkaiden fyysistä toimintakykyä henkilöillä, joiden fyysinen toimintakyky on jo huonontunut tai sen ennakoidaan huonontuvan tulevaisuudessa esimerkiksi jonkin sairauden takia (Talvitie ym. 2006, 194). Siksi fysioterapeutin on tärkeää saada luotettavaa tietoa potilaan fyysisestä suorituskyvystä. Fysioterapeutti selvittää ennen harjoittelun aloittamista asiakkaan fyysisen suorituskyvyn tason ja valitsee tämän perus-

teella harjoitustavat aerobisen harjoittelun toteutukseen. (Talvitie ym. 2006, 195.) Aerobisen kestävyys suorituskyvyn mittaaminen on tärkeää myös seurattaessa asiakkaan kehitystä, sillä mittausten toistamisen avulla saadaan luotettavaa tietoa harjoittelun vaikutuksista (Talvitie ym. 2006, 134).

Mittausmenetelmien valintaan vaikuttavat aina käytettävissä oleva laitteisto sekä mittaamisen aikana vallitsevat olosuhteet (Talvitie ym. 2006, 134). Nämä muodostuvat varmasti usein myös mittausta rajoittaviksi tekijöiksi. Mitä luotettavampi, halvempi, helppokäyttöisempi ja nopeampi testimenetelmä on toteuttaa käytännössä, sitä paremmin se soveltuu varmasti myös fysioterapian saralla käytettäväksi arviointimenetelmäksi. Fyysistä suorituskykyä arvioivien menetelmien kirjo on tälläkin hetkellä suuri, mutta vain harvat mittausmenetelmät ovat yleisesti käytössä ja hyväksytyjä (Talvitie ym. 2006, 133). Tämän perusteella voidaan todeta, että uusille ja paremmille menetelmille on tarvetta tulevaisuudessa.

6 FIRSTBEAT-KUNTOTESTI

Firstbeat-kuntotestiä markkinoidaan uutena tapana mitata aerobista kuntoa helposti. Kuntotestin tulokset perustuvat sykeanalyysimenetelmään, jonka Firstbeat Technologies Oy on kehittänyt. Menetelmässä arvioidaan sykevälivaihtelua, ja sen avulla saadaan tarkkaa tietoa kehon toiminnoista. (Firstbeat Technologies Oy 2010.) Tässä kappaleessa esitellään ensin Firstbeat kuntotestin taustalla olevia fysiologisia perusteita. Tämän jälkeen käydään läpi, miten testin toteutus tapahtuu käytännössä.

6.1 Sydämen toimintaa analysoimalla saadaan monipuolista tietoa kehon toiminnoista

Kehon tapahtumien vaikutuksia sykkeeseen voidaan tunnistaa ja erottaa laskennallisesti. Sykevälissä tapahtuviin muutoksiin ovat yhteydessä esimerkiksi hengityksen säätely (sisään- ja uloshengitys), hormonaaliset reaktiot, metaboliset prosessit, autonomisen hermoston reaktiot ja toimintatilat, fyysinen aktiivisuus ja liikunta, liikunnasta palautuminen, liikkeet ja asennon muutokset, havaintotoiminnot, psyykkinen kuormitus sekä tunnereaktiot. (Firstbeat Technologies Oy [viitattu 2.12.2010].) Myös stressin ja rentoutumisen on tutkittu vaikuttavan sykevälivaihteluun (Heinonen 2007, 5). Laskennallisten mallien avulla pystytään luomaan digitaalinen malli mitattavan henkilön elimistön toiminnoista. Tämä tapahtuu teknologian avulla, joka tunnistaa kehon eri toimintojen jättämiä jälkiä sydämen sykkeestä. (Firstbeat Technologies Oy [viitattu 2.12.2010].)

Menetelmän avulla saadaan arvioitua hapenottokykyä (VO_2). Arvio perustuu sykevälivaihtelun lisäksi on/off-vasteeseen (on/off-response), joka saadaan sykeadatasta. (Firstbeat white paper 2007.) On-vasteella tarkoitetaan elimistön mitattavissa fysiologisissa suureissa tapahtuvia muutoksia fyysisen suorituksen alussa tai suorituksen kuormituksen ja intensiteetin kasvaessa. Off-vasteella tarkoitetaan vuorostaan suorituksen päättymisen tai suorituksen kuormituksen

ja intensiteetin laskun vaikutuksia näihin elimistön fysiologisiin muuttujiin. (Pulkinen 2003; 19, 23.)

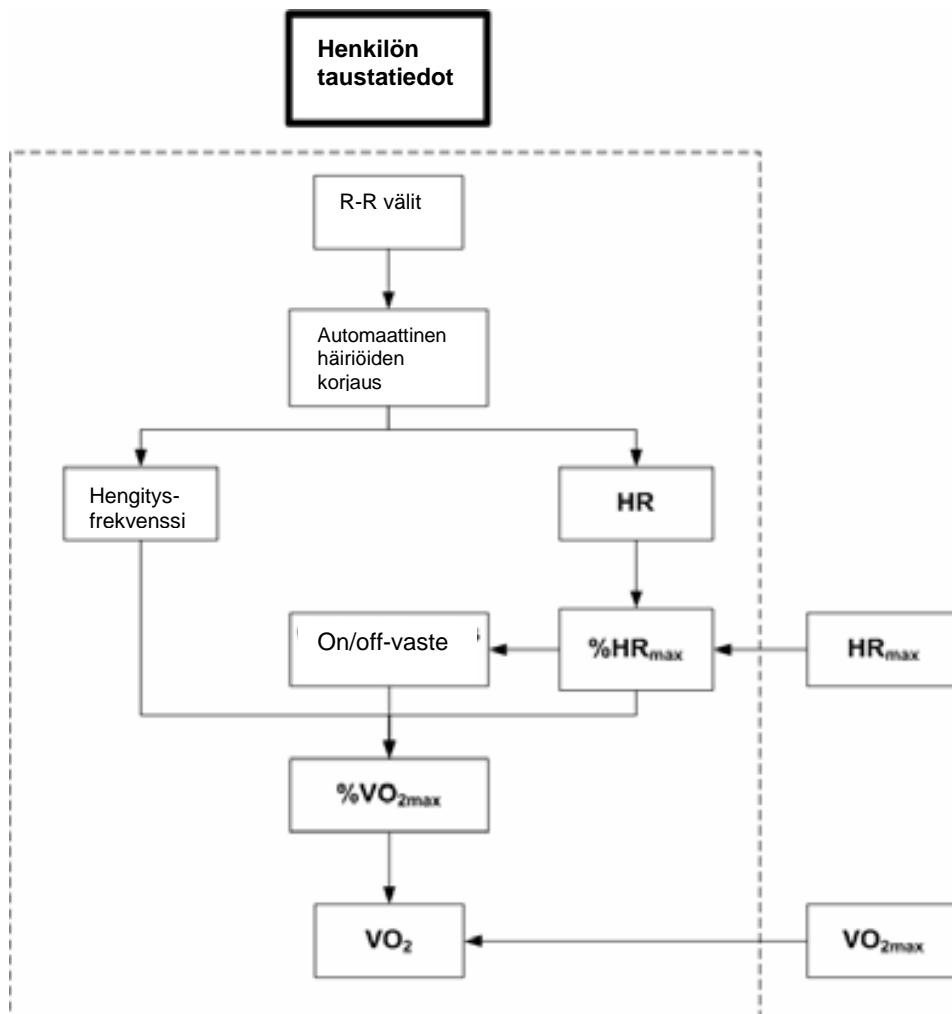
VO₂:n ajatellaan olevan tarkin muuttuja arvioimaan aerobisen aktiviteetin intensiteettiä. Esimerkiksi American College of Sports Medicine käyttää VO₂R:ä vertailuarvoina harjoitteluintensiteetin suosituksissa. (ACSM 2010, 166–167.) VO₂R tarkoittaa hapenkulutuksen reserviä, joka saadaan vähentämällä maksimaalisesta hapenottokyvystä lepo­hapenkulutus (VO₂max-lepo­hapenkulutus) (Pulkinen 2003, 3). VO₂ mitataan suoraan laboratorio-olosuhteissa hengityskaasuanalyysaattoreiden avulla tai käyttämällä apuna epäsuoraa kalorimetriaa. Nämä testit ovat kuitenkin aikaa ja rahaa vieviä, eivätkä ne sovi kenttätesteiksi. Sykkeen (HR) ajatellaan olevan usein vähiten invasiivinen ja helpoiten mitattava VO₂:n liittyvä parametri. VO₂:n ja HR:n yhteys on tunnustettu erityisesti suorituksissa, joissa intensiteetti on korkea. (Firstbeat white paper 2007.)

”Steady-state –tilalla” tarkoitetaan tasapainotilaa, jolloin suorituksessa hapenkulutus ja -otto vastaavat toisiaan. Tällöin ATP:tä tuotetaan aerobisesti samassa tahdissa kuin sitä kulutetaan. (Pulkinen 2003, 9.) On olemassa useita tutkimuksia, jotka mallintavat steady-state –tilan hapenottokykyä ja sykkeen suhdetta. Hapenottokyvyn arvioimisessa sykkeen avulla on kuitenkin omat rajoitteen­sa. Nykyiset sykedataan perustuvat hapenottokyvyn arviointimenetelmät toimivat vain steady-state –olosuhteissa eivätkä ota huomioon sitä, että HR-VO₂ –suhde ei ole vakio dynaamisesti muuttuvissa harjoitteluintensiteeteissä. Hapenottokyvyn laskemiseksi menetelmät vaativat yksilön sykkeen mittaamisen tarkasti mieluiten laboratoriossa, ovat epätarkkoja tai olettavat VO₂-arvon pysyvän samana sykkeen ollessa alhainen. Lisäksi ne eivät erottele ei-metabolisia ja metabolisia tekijöitä, jotka vaikuttavat sykettä nostavasti, esimerkiksi psyykinen ja fyysiseen kuormitukseen liittymätön stressi. (Firstbeat white paper 2007.)

Näin ollen monet tahot hyötyisivät paremmista menetelmistä epäsuoran VO₂:n arvioimiseksi. Tällä hetkellä sykedataan perustuvat hapenottokyvyn arviointi­menetelmät eivät ole tarpeeksi herkkiä tunnistamaan yksityiskohtaisia muutok-

sia hapenottokyvyssä, sillä sykkeeseen vaikuttaa hapenottokyvyn lisäksi myös muut tekijät. (Firstbeat white paper 2007.)

Firstbeat Technologies Oy hyödyntää käyttämässään ohjelmassa monipuolista tietoa kehon toiminnoista. Hapenkulutuksen arvioinnissa käytetään neuroverkkomalliin perustuvaa menetelmää, joka sykevälivaihtelun lisäksi hyödyntää hengitysfrekvenssiä sekä on/off-vasteesta saatavaa tietoa (Kuvio 1). Hengitysfrekvenssin ja hapenottokyvyn on tutkittu korreloivan vahvasti. Hengitysfrekvenssin avulla voidaan erotella ei-metaboliset muutokset metabolisista muutoksista sydämen sykkeessä. Tästä syystä hengitysfrekvenssi lisättiin kehitettyyn malliin. (Firstbeat white paper 2007.)



Kuvio 1. Kaavakuva sykkeeseen perustuvasta hapenottokyvyn arvioimisesta. HR_{max}= maksimisyke. (Mukailtu: Firstbeat white paper 2007.)

6.2 Testin toteutus käytännössä

Firstbeat kuntotestin avulla saadaan arvio aerobisesta kunnosta siten, että testihenkilö tekee suorituksen joko kävellen tai juosten. Suorituksen aikana mittari kerää syke- ja nopeusdataa. Testi voidaan tehdä sisällä tai ulkona, juoksumatolla, radalla, maastossa, yksin tai ryhmässä. Kuntotestin toteuttamiseksi on testisuorituksen täytettävä tietyt kriteerit. Mitattavasta henkilöstä tarvitaan taustatietoina hänen syntymäaikansa, pituutensa, painonsa sekä maksimisykkeensä. Syketason on oltava riittävä, n. 80 % maksimisykkeestä ja vauhdin tasaista tai tasaisesti nousevaa. Lenkin on oltava vähintään neljä minuuttia pitkä, jotta mittarin tallentaman datan analyysi olisi mahdollista. Testiä varten tarvitaan sykemittari Suunto t6c (tai jokin muu yhteensopiva malli), sykepanta sekä nopeutta mittaava foot POD tai GPS POD. GPS POD ei sovellu käytettäväksi, jos testi tehdään juoksumatolla, sillä se mittaa nopeuden edetyn matkan perusteella satelliittisignaalin avulla. (Firstbeat Technologies Oy 2010.)

Suorituksen datan keräämisen jälkeen sen analysointi tapahtuu tietokoneella, johon on ladattu tarvittava Firstbeat Uploader –ohjelma. Ohjelma on ladattavissa valmistajan Internet-sivuilta. Edellytyksenä ovat myös käyttöoikeudet sekä tunnukset ohjelmaan. Lisäksi tarvitaan Internet-yhteys, sillä yhteys palvelimeen muodostetaan tämän kautta. Sykemittari, jolla kuntotesti on suoritettu, yhdistetään erityisellä kaapelilla tietokoneeseen kuntotestidatan tuomiseksi ohjelmaan. Tämän jälkeen testihenkilön taustatiedot syötetään ohjelmaan, joka tekee syke-datan perusteella kuntotestiraportin halutusta suoritteesta. Testin toteutus on siis käytännössä helppoa ja helposti opeteltavissa. Erityistä koulutusta, kuten esimerkiksi terveydenhuoltoalan koulutusta, testin tekemiseen ei tarvita. Riittää, että käyttäjä oppii testin suoritustavan sekä ohjelman käytön. Tästä syystä testin toteuttaminen onnistuu myös ilman valvontaa, ja esimerkiksi työnantaja tai valmentaja voi toimia ohjelman oikeuksien haltijana tehden kuntotestejä työntekijöilleen tai valmennettavilleen.

7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Firstbeat-kuntotestin luotettavuutta eri testiolosuhteissa. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Turun AMK/ Nowa Step – projekti ja yhteyshenkilönä toimi Mika Venojärvi. Alla on esitelty tutkimuksen pää- ja alaongelmat sekä hypoteesit.

1. Onko Firstbeat-kuntotesti luotettava arvioimaan maksimaalista hapenottokykyä?
 - 1.1. Onko Paavo Nurmi-keskuksessa toteutetun suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin ja Firstbeat-kuntotestien tulosten välillä tilastollisesti merkitsevää eroa?
2. Vaikuttaako Firstbeat-kuntotestin toteutus eri olosuhteissa testin antamiin tuloksiin?
 - 2.1. Onko juoksuradalla, maastossa ja juoksumatolla toteutettujen Firstbeat-kuntotestien tulosten välillä tilastollisesti merkitsevää eroa?

Hypoteesit:

- Firstbeat-kuntotesti antaa luotettavan arvion maksimaalisesta hapenottokyvystä sekä kuntoluokasta.
- Kun testi suoritetaan maastossa, korkeuserojen vaihtelu laskee maksimaalisen hapenottokyvyn arvion luotettavuutta.

Opinnäytetyössä käytetään kvantitatiivista tutkimusmenetelmää ja opinnäytetyö on survey-tyyppinen soveltava tutkimus, jonka tavoitteena on tuottaa käytännöllistä tietoa arvioimalla Firstbeat Technologies Oy:n tarjoamaa kuntotestipalvelua (Hirsjärvi ym. 2009, 133–135). Kvantitatiiviselle menetelmälle ominaisesti havaintoaineisto soveltuu numeeriseen mittaamiseen ja päätelmät tehdään tilastollisten analyysien perusteella (Hirsjärvi ym. 2009, 140).

8 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA MENETELMÄT

Tässä kappaleessa selvitetään kohta kohdalta opinnäytetyön toteutukseen kuuluneet osiot ja menetelmät, joiden avulla tutkimuksen tulokset analysoitiin. Tutkimuksen aineisto kerättiin toteuttamalla tutkimusjoukolle useampi Firstbeat-kuntotesti ja suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi, joka toteutui yhteistyössä Paavo Nurmi-keskuksen kanssa.

8.1 Testihenkilöiden rekrytointi

Tutkimusjoukko valittiin koostuvaksi työikäisistä miehistä. Tutkimukseen osallistumisen edellytyksenä oli, ettei tutkimukseen osallistuvilla ollut todettu olevan perussairauksia, kuten sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia tai astmaa. Iän suhteen asetettiin edellytykseksi 20–45 -vuoden ikä. Yli 45-vuotiailla miehillä suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin suorittaminen olisi vaatinut lääkärin läsnäoloa testaustilanteissa. Liikunnalliselta aktiivisuudeltaan tutkimukseen osallistuvien toivottiin olevan tasoltaan kuntoliikkuja. Tutkimusryhmän koon tavoitteeksi asetettiin 15–20 henkilöä. Tutkimukseen ilmoittautui aluksi 18 kriteerit täyttävää henkilöä. Heistä kaksi jättäytyi kuitenkin pois ennen toteutuksen alkamista. Näyte oli lopulta 16 henkilöä. Testihenkilöiden iät, pituudet, painot sekä kuntoluokat ovat esitettynä liitteessä 6. Testihenkilöiden rekrytointi toteutui pääosin sähköpostin välityksellä ja osallistumismahdollisuutta tarjottiin erityisesti paikallisille yrityksille sekä heidän työntekijöilleen. Rekrytointi tapahtui yhdessä toisen Turun ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmän kanssa, koska he hakivat samat kriteerit täyttäviä testihenkilöitä omaan opinnäytetyötoteutukseensa. Kyseisen opinnäytetyön tekijät olivat Aatu Paananen, Anni Pura ja Krista Reppanen. Opinnäytetyöryhmän kanssa tehtiin yhteistyötä, sillä opinnäytetöillä oli sama toimeksiantaja.

8.2 Terveystietokyselyt ja lepo-EKG-mittaukset

Jokainen tutkimukseen halukas osallistuja täytti terveystietokyselylomakkeen (liite 1). Tämän perusteella tutkimuksesta suljettiin pois henkilöt, joilla oli jotain sy-

dän- tai verenkiertoelimistön sairauksia tai keuhkoperäisiä sairauksia. Tuki- ja liikuntaelimistön vaivat eivät olleet esteenä, mikäli ne eivät olleet akuutteja eivätkä haitanneet juoksemista. Tämän jälkeen jokainen kävi sydämen lepo-EKG-mittauksessa, jonka mittasi bioanalytiikan koulutusohjelman opiskelija. Lepo-EKG-mittauksen tulokset analysoi kliiniseen fysiologiaan erikoistunut lääkäri, LL Hannu Karanko. EKG-mittauksella haluttiin sulkea pois mahdolliset sydänperäiset ongelmat, jotka ovat riskitekijänä testauksissa, ja varmistaa näin valittujen testattavien soveltuvuus testiryhmään. Eritoten suora maksimaalisen hapenotokyvyn testi on rasittavuudeltaan äärimmäinen ja tästä syystä henkilöiden terveydentilan tuli olla riittävä, jotta testi voitiin suorittaa turvallisuusriskeittä ilman lääkärin seurantaa.

8.3 Testeihin valmistautuminen

Testihenkilöt saivat ohjeet testeihin valmistautumisesta (liite 2). Testattavia ohjeistettiin välttämään voimakasta fyysistä rasitusta aina testiä edeltävänä päivänä ja neuvottiin ravitsemukseen liittyvistä asioista ennen testeihin osallistumista. Testattaville järjestettiin infotilaisuus Turun ammattikorkeakoulun tiloissa 26.4.2011 klo 17.00. Tilaisuudessa esiteltiin lyhyesti opinnäytetyön tarkoitus sekä annettiin tietoa kuntotesteistä ja niihin valmistautumisesta. Lisäksi testattavilla oli mahdollisuus esittää kysymyksiä kuntotesteihin liittyen. Mikäli testattava ei päässyt paikalle, hän sai samat tiedot sähköisessä muodossa.

8.4 Kuntotestaukset

Jokainen testihenkilö suoritti Firstbeat-kuntotestin juosten radalla, maastossa sekä juoksumatolla. Juoksumatolla tehty Firstbeat-kuntotesti toteutettiin Paavo Nurmi-keskuksessa samalla, kun testihenkilöt suorittivat suoran VO_2 max-testin. Ennen ensimmäistä testiä jokaiselta osallistujalta kerättiin kirjallinen suostumus, jossa osallistujat vakuuttivat osallistuvansa toteutukseen vapaaehtoisesti ja omalla vastuullaan. Lisäksi testattavilta mitattiin paino ennen jokaista testikerää. Ennen rata- ja maastotestejä paino mitattiin tavallisella henkilövaa'alla ja ennen juoksumatottestejä paino mitattiin Paavo Nurmi -keskuksen vaa'alla.

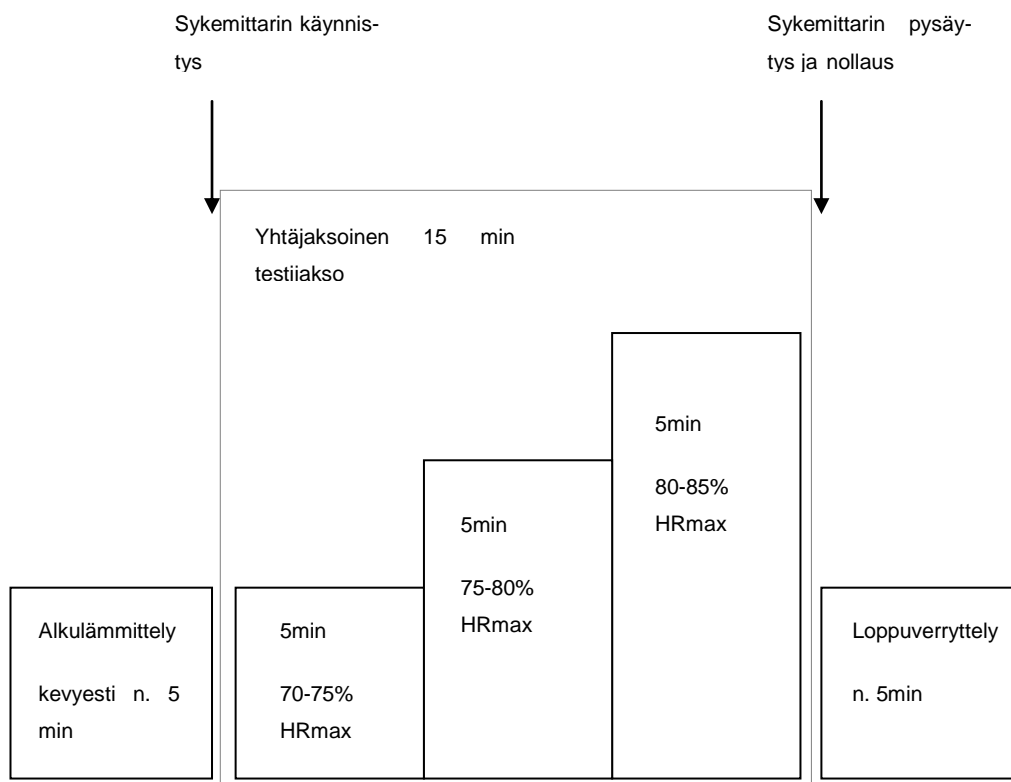
Liitteessä 6 testihenkilöiden painot ovat Paavo Nurmi –keskuksessa mitattuja. Testattavien pituudet mitattiin tarvittaessa ensimmäisen testikerran yhteydessä, mikäli he eivät osanneet sitä sanoa. Tutkimuksessa vertailtiin saatuja maksimaalisen hapenottokyvyn arvoja painoon suhteutettuna (ml/kg/min). Testiolosuhteet ja ohjeistaminen pyrittiin standardoimaan, jotta testattavilla olisi mahdollisimman tasavertainen asema testien toteutukseen. Testiolosuhteet, joihin voitiin vaikuttaa, pyrittiin pitämään samankaltaisina.

8.4.1 Firstbeat-kuntotestit radalla

Kuntotestaukset aloitettiin Firstbeat-kuntotesteillä radalla. Suorituspaikkana oli Kaarinan keskusurheilukentän juoksurata, joka on pituudeltaan 400 metriä. Testihenkilöiden testaus jakautui kolmelle päivälle viikolla 18 klo 12.00–15.00 väliselle ajalle ja testauspäivät olivat 4.5., 6.5. ja 7.5.2011. Testauspäivien sääolosuhteet on raportoitu liitteessä 4. Ennen varsinaista kuntotestiä jokainen suoritti foot POD:in kalibroinnin, joka toimi samalla alkulämmittelynä. Kalibroinnin aikana testattavat juoksivat 1000 metrin matkan radalla. Ohjeeksi annettiin juosta 2,5 kierrosta tasaista verryttelyvauhtia sisärataa pitkin. Ennen juoksua testattavalle näytettiin hänen arvioitu maksimisykkeensä, sekä lasketut sykearvot 70 %, 75 %, 80 % ja 85 % maksimisykkeestä. Lasketut sykearvot näytettiin, jotta jokainen testihenkilö olisi juossut kuntotestiosuuden Firstbeat:in antamien ohjeiden mukaisella kuormitustasolla. Arvioitu maksimisyke laskettiin kaavalla $210 - (0.65 \times \text{ikä})$. Kalibrointijuoksu neuvottiin tekemään n. 75–80% teholla maksimisykkeestä. Testattavat saivat lämmitellä kalibrointijuoksun jälkeen lisää, mikäli kokivat sen tarpeelliseksi. Kalibroinnista saatiin jokaiselle testihenkilölle henkilökohtainen kalibrointikerroin, jota käytettiin tutkimuksen ajan kuntotestejä tehdessä.

Ennen radalla juostun kuntotestin aloittamista jokaisen testihenkilön kanssa käytiin läpi testiprotokolla, jonka mukaan testattavia neuvottiin toteuttamaan kuntotesti (Kuvio 2). Testattavaa kehoitettiin juoksemaan 15 minuutin ajan lisäten tehoa portaittain kaksi kertaa testin aikana. Sykerajat kerrattiin testattavan kanssa, jotta hän muistaisi ne mahdollisimman hyvin kuntotestiä juostessaan.

Mikäli lämmitellessä testattava oli huomannut sykkeiden nousevan herkästi niin, että testin aloittaminen 70–75 % laskennallisella teholla maksimisykkeestä oli mahdotonta, kehoitettiin häntä juoksemaan tällöin mahdollisimman tasaista vauhtia ja pitämään syke kuitenkin alle 85 % maksimisykkeestä. Kuntotestin aikana testattavalta kysyttiin sykemittarin näyttämiä sykelukemia, ja kehoitettiin tarvittaessa esim. hiljentämään vauhtia tai jatkamaan samaan malliin. Lisäksi testattavaa muistutettiin ajan tarkkailusta ja rasitustason nostamisesta viiden minuutin jaksoissa. Testin jälkeen testattavat saivat suorittaa omatoimisesti loppuverryttelyn.



Kuvio 2. Testiprotokolla radalla ja maastossa juostuihin testeihin.

8.4.2 Firstbeat-kuntotestit maastossa

Testausten toisessa vaiheessa Firstbeat-kuntotestit toteutettiin maastossa juosten. Reittinä toimi Kaarinan keskusurheilukentän välittömässä läheisyydessä sijaitseva hiekkainen maastorata. Testi suoritettiin 850 metrin lenkkiä kiertäen ja yhdellä kierroksella oli nousua yhteensä 11 metriä. Kierroksen kokonaispituus ja

korkeuserot mitattiin Garmin Edge 705 -mittarilla. Kaikki testihenkilöt suorittivat kyseisen testin viikolla 19 klo 12.00–15.00 välisenä aikana testipäivien ollessa 10.5, 11.5 ja 13.5. Testipäivien sääolosuhteet ovat liitteenä (Liite 4). Ennen varsinaisen kuntotestin aloittamista testihenkilöt juoksivat kyseisen maastoreitin alkulämmittelyksi ja oppivat näin testatessa käytetyn juoksureitin.

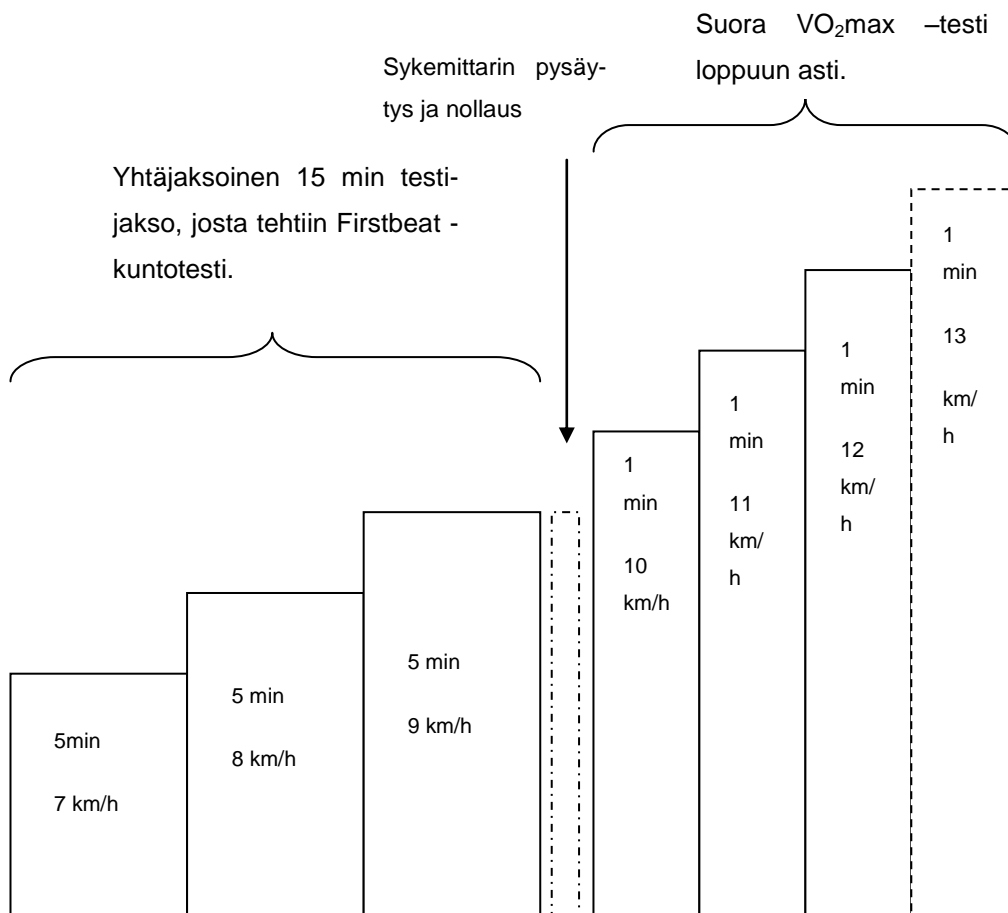
Alkulämmittelyn jälkeen testattaville kerrattiin lyhyesti aikaisemmasta testikerasta tuttu testiprotokolla, jonka mukaan testattavia kehoitettiin juoksemaan myös maastossa. Juoksijoita ohjeistettiin tasatahtiseen suoritukseen, vaikka esim. mäkeä noustessa syke nousisikin väliaikaisesti tavoitetasoa korkeammalle. Ohjeita antaessa korostettiin kuitenkin, että juostessa testihenkilöiden olisi pyrittävä pitämään syke lasketuissa tavoitesykerajoissa. Testattaville näytettiin uudelleen arvioidun maksimaalisen sykkeen perusteella lasketut sykerajat ja kehoitettiin pitämään syke koko ajan alle 85 %:ssa maksimisykkeestä. Testattavilta kysyttiin kuntotestin aikana sykelukemia ja muistutettiin ajan tarkkailusta sekä rasitustason nostamisesta samalla tavalla kuin aikaisemmalla testikerralla. Testin loputtua testihenkilöt suorittivat loppuverryttelyn omatoimisesti. Loppuverryttelyn jälkeen jokaiselle testihenkilölle luovutettiin tulostettu versio radalla juostusta kuntotestiraportista ja annettiin sen pohjalta lyhyt palaute tämänhetkisestä kuntotasosta. Esimerkkiraportti löytyy opinnäytetyön liitteistä (Liite 3).

8.4.3 Firstbeat-kuntotestit juoksumatolla ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testit (VO₂max-testit)

Juoksumatolla juostut Firstbeat-kuntotestit sekä suorat maksimaalisen hapenottokyvyn testit toteutettiin yhteistyössä Paavo Nurmi-keskuksen kanssa Paavo Nurmi-keskuksen kuntotestausasemalla Holiday Club Caribbean tiloissa Turussa. Testaukset toteutettiin viikoilla 20–22 klo 12.00–15.00 välisenä aikana 19.5–1.6.2011. Testausten aikana vallinneet olosuhteet ovat liitteenä (Liite 5). Firstbeat-kuntotestiosuuden toteutuksesta vastasi vuorollaan yksi tämän opinnäytetyön tekijöistä ja yksi toisen opinnäytetyöryhmän, jonka kanssa tehtiin yhteistyötä testihenkilöiden hankkimisessa, jäsen. Maksimaalisen hapenottokyvyn testin

toteutuksesta vastasi liikuntafysiologi, LitM Jukka Kapanen.. Valmisteluina toteutettiin maton kalibrointi.

Testattavat aloittivat alkulämmittelyllä juosten viiden minuutin ajan 6 kilometrin tuntivauhtia. Tarkoituksena oli, että lämmittelyn lisäksi testihenkilöillä on mahdollisuus totuttautua juoksumatolla juoksuun valjaisiin puettuna. Tämän jälkeen aloitettiin varsinainen testijakso ja testihenkilöille puettiin maski, jonka avulla mitattiin hengityskaasujen vaihtoa testin suorituksen ajalta. Testi alkoi Firstbeat-testiosuudella, jossa testattavat juoksivat ensimmäiset 5 minuuttia 7 km/h-nopeudella, seuraavat 5 minuuttia 8 km/h ja viimeiset 5 minuuttia 9 km/h. Poikkeuksena yhden testihenkilön kohdalla Firstbeat-testiä jatkettiin 5 minuutilla hänen juostessaan se 10 km/h-nopeudella. Lisäkuorma päätettiin lisätä, jotta Firstbeat:in protokollan antama alin sykeraja tulisi ylitetyksi myös hänen kohdallaan riittävän pitkältä ajalta (vähintään neljä minuuttia). Firstbeat-testiosuuden jälkeen sykemittareiden ajanotto pysäytettiin ja nollattiin ja mittaus tallennettiin sykemittarin muistiin. Tämän jälkeen maksimaalisen hapenottokyvyn testin osuus jatkui välittömästi. Maksimaalisessa hapenottokyvyn testissä testihenkilöt juoksivat väsymykseen asti vauhdin lisääntyessä yhdellä kilometrillä tunnissa minuutin välein. Suurin saavutettu nopeus oli 18 km/h. Testihenkilöiden lopetettua juokseminen jokaiselta mitattiin heidän suostumuksellaan veren laktaattipitoisuus sormen päästä otetulla verinäytteellä. Näytteet otettiin n. 30 sekunnin sekä n. 2-3 minuutin kuluttua testin lopettamisesta. Laktaattiarvojen vaihteluväli ja keskiarvo sekä keskihajonta ovat raportoituna taulukossa 2.



Kuvio 3. Testiprotokolla juoksumatolla suoritettuun testijaksoon. Kuorman lisäyksiä minuutin välein jatkettiin testihenkilön väsymykseen asti eli kuviossa esitettyinä vain neljä ensimmäistä porrasta.

Testien maksimaalisuuden osoittivat testihenkilöiden sykkeiden maksimaalisuus, mitatun VO₂:n tasannevaiheen saavuttaminen tai sen laskemisen havainnointi kaikilla testihenkilöillä, hengityskaasuista mitattujen hengitysosamäärien arvot ja testihenkilöiden veren laktaattipitoisuudet testin suorittamisen jälkeen. Lisäksi kaikki testihenkilöt tunsivat saavuttaneensa maksimin ja ilmaisivat vapaaehtoisesti testin lopettamisen ajankohdan. (Keskinen ym. 2007, 68.) Taulukosta 2 selviää hengityskaasuista mitattujen, korkeimpien hengitysosamäärien sekä testin suorituksen jälkeen mitattujen korkeimpien laktaattiarvojen (mmol/l) minimi, maksimi, keskiarvot ja keskihajonnat. Mittausten tulokset tukevat testien maksimaalisuutta.

Taulukko 2. Hengityskaasuista mitattujen, korkeimpien hengitysosamäärien sekä testin suorituksen jälkeen mitattujen, korkeimpien laktaattiarvojen (mmol/l) minimi, maksimit, keskiarvot ja keskihajonnat.

	RER eli hengi- tysosamäärä n=16	Laktaatti (mmol/l) n=16
Minimi	1,16	9,26
Maksimi	1,33	14,4
Keskiarvo	1,22	11,53
Keskihajonta	0,05	1,30

Testin suorittamisen jälkeen oli varattu aikaa suoran maksimaalisen hapenotto-
kyvyn testin tulosten läpikäyntiin. Tulokset selitettiin jokaiselle osallistujalle ja he
saivat tilaisuuden kysymysten esittämiselle, mikäli sellaisia oli noussut. Samas-
sa tilanteessa osallistujat saivat kuntotestiraportin maastossa juostusta Firstbe-
at-kuntotestistä.

8.5 Palautetilaisuus testihenkilöille

Varsinainen toteutusosio päättyi testihenkilöille järjestettyyn palautetilaisuuteen,
joka järjestettiin Turun ammattikorkeakoulun Ruiskadun yksikössä luokassa 231
keskiviikkona 8.6.2011 klo 18.00. Palautetilaisuus järjestettiin yhteistyössä toi-
sen opinnäytetyöryhmän kanssa. Tilaisuuden tarkoituksena oli antaa osallistujil-
le tietoa jo saaduista tuloksista vertailtaessa testien keskiarvoja ja keskihajonto-
ja ryhmätasolla. Paikalla olleille osallistujille annettiin loput henkilökohtaiset kun-
totestiraportit kirjallisena sekä Paavo Nurmi-keskuksen kirjalliset ohjeistukset
henkilökohtaisen kestävyyskunnan harjoittelun suunnittelemiseksi. Lisäksi osal-
listujilla oli mahdollisuus antaa palautetta toteutuksen järjestäjille. Testihenkilöt,
jotka olivat estyneitä osallistumaan palautetilaisuuteen, vastaanottivat edellä
mainitun materiaalin postitse.

8.6 Tutkimuksen eettisyys

Opinnäytetyötä tehdessä tähdättiin eettisyyteen ja se pyrittiin varmistamaan eri keinoin huomioimalla jo etukäteen sekä teoreettisia että käytännöntason toimintamenetelmiä. Toteutuksessa otettiin huomioon monenlaisia seikkoja, joilla pyrittiin varmistamaan eettisten ohjeiden mukainen toimiminen. Tutkijat sitoutuivat noudattamaan fysioterapeutin eettisiä ohjeita toimiessaan testaaajina opinnäytetyön testaustilanteissa.

Opinnäytetyön tekijät sitoutuivat käsittelemään saamiaan tietoja luottamuksellisesti ja noudattamaan vaitiolovelvollisuutta. Tutkittavien nimet ja muut henkilötiedot eivät milloinkaan päätyneet muiden kuin tutkijoiden tietoon. Tutkimukseen osallistuneet testihenkilöt eivät hyötäneet tutkimukseen osallistumisesta taloudellisessa mielessä, mutta testit olivat testihenkilöille ilmaisia. Opinnäytetyön tekijät pyrkivät tiedottamaan testihenkilöitä riittävästi ja tasapuolisuutta noudattaen. Tutkimuksen tekijät toimivat rehellisesti koko tutkimuksen ajan eivätkä vääristelleet opinnäytetyössä esitettyjä tuloksia.

8.7 Tilastolliset analyysit

Tulosten analysoinnissa käytettiin SPSS-ohjelmaa (versio 19.0 Windows:lle). Ennen varsinaisia tilastollisia testejä tutkimuksen aineisto todettiin normaalisti jakautuneeksi käyttämällä Shapiro-Wilkin –testiä (radalla suoritettu Firstbeat-testi $p=0,696$; maastossa suoritettu Firstbeat-testi $p=0,810$; juoksumatolla suoritettu Firstbeat-testi $p=0,382$ ja suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi $p=0,389$). Koska aineisto oli normaalisti jakautunut, voitiin tilastollisissa analyyseissä käyttää parametrisiä testejä. Tilastollisen merkitsevyyden tasoksi asetettiin $p<0,05$. Eri olosuhteissa juostujen Firstbeat-testien sekä suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin korrelaatiot laskettiin Pearsonin korrelaatiokerroimen avulla. Parittaiset t-testit suoritettiin, jotta saatiin selville, eroaako riippuvan havaintoparin jonkin ominaisuuden erotusten keskiarvo tilastollisesti nollassa. Riippuvat havaintoparit olivat tässä tapauksessa Firstbeat-testit. Parittaisilla t-testeillä saatiin selville eri testeissä saatujen maksimaalisten hapenottokyvyn

arvojen erot. Yksisuuntaista ANOVA:a (One-Way ANOVA) käytettiin todentamaan, eroavatko Firstbeat-testien antamat $VO_2\text{max}$ -arvot tilastollisesti merkitsevästi suoran $VO_2\text{max}$ -testin antamista arvoista. Yksisuuntaista varianssianalyysia käytettiin myös osoittamaan, onko radalla, maastossa ja juoksumatolla juostujen Firstbeat-testien arvioimissa maksimaalisen hapenottokyvyn arvoissa tilastollisesti merkitsevää eroa. $VO_2\text{max}$ -arvojen vertailemiseksi yksilötasolla testikohtaisesti käytettiin Word Exel 2007 –ohjelmaa (Windows:lle).

9 TULOKSET

Liitteessä 6 on esitetty tutkimusryhmään kuuluneiden testihenkilöiden ($n=16$) taustatietoina heidän ikänsä, pituutensa ja painonsa. Testiryhmään kuuluneiden henkilöiden ikä oli keskiarvoltaan yhden desimaalin tarkkuudella 33,7 vuotta, pituus 179,6 cm ja paino 79,8 kg. Lisäksi taulukossa on Paavo Nurmi-keskuksessa suoritettujen suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin perusteella saadut kuntoluokat Shvartzin ja Reiboldin (1990) mukaan. Shvartzin ja Reiboldin kuntoluokitus perustuu maksimaalisen hapenottokyvyn viitearvoihin (Taulukko 1). Puolet testihenkilöistä eli kahdeksan henkilöä oli tämän luokituksen mukaan kuntoluokkaa kesinkertainen. Neljä henkilöä oli kuntoluokaltaan hyvä. Kuntoluokkiin hyvin hyvä ja välttävä kuului molempiin kaksi henkilöä.

Pearsonin korrelaatiokertoimien mukaan kaikkien testien välillä oli erittäin korkea positiivinen korrelaatio. Taulukossa 3 on esitetty Pearsonin korrelaatiomatriisi mitatuista maksimaalisista hapenottokyvyn arvoista kaikista kolmesta suoritetusta Firstbeat-testistä sekä suorasta maksimaalisen hapenottokyvyn testistä. Firstbeat-testien ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin korrelointi testikohtaisesti on esitetty liitteessä 7 korrelaatiokuvaajina. Liitteessä ovat radalla suoritettun Firstbeat-testin ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn korrelointi keskenään ($r=0,920$), maastossa suoritettun Firstbeat-testin ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn korrelointi keskenään ($r=0,859$) sekä juoksumatolla suoritettun Firstbeat-testin ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn korrelointi keskenään ($r=0,789$).

Taulukko 3. Pearsonin korrelaatiomatriisi mitatuista maksimaalisista hapenotto-
kyvyn arvoista painoon suhteutettuna ($\text{VO}_2\text{max ml/kg/min}$). Kaikkien testien vä-
lillä havaittiin positiivinen erittäin korkea korrelaatio.

	Suora testi	Firstbeat-testi radalla	Firstbeat-testi maastossa	Firstbeat-testi juoksumatolla
Suora testi	1	,959**	,932**	,888**
Firstbeat testi radalla		1	,909**	,855**
Firstbeat testi maastossa			1	,919**
Firstbeat testi juoksumatolla				1

** $p < 0,01$

Testeistä saaduista hapenottokyvyn arvoista laskettiin testikohtaiset keskiarvot ja keskiarvojen erot prosentteina verrattuna suoran maksimaalisen testin tuloksiin. Prosenttiosuudet sekä eri testien testikohtaiset minimi- ja maksimiarvot, keskiarvot ja keskihajonnat ovat esitettynä taulukossa 4. Kaikkien kolmen Firstbeat-testien maksimaalisten hapenottokykyjen arvot olivat testeistä laskettujen keskiarvojen mukaan pienempiä suoraan maksimaaliseen hapenottokyvyn testiin verrattaessa eli tämän mukaan Firstbeat-testeistä saadut arvot olivat aliarvioivia. Suurin prosentuaalinen ero 11,7 % keskiarvojen välillä oli juoksumatolla suoritettun Firstbeat-testin ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin välillä. Pienin prosentuaalinen ero keskiarvojen välillä oli 6,3 % maastossa suoritettun Firstbeat-testin ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin välillä. Radalla suoritettun Firstbeat-testin ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testien välinen keskiarvojen välinen prosentuaalinen ero oli 8,4 %. Kun radalla suoritettuun Firstbeat-testeihin muutettiin oikeat Paavo Nurmi –keskuksessa saadut maksimisykearvot, Firstbeat-testin ja suoran maksimaalisen hapenottokyvyn

testien keskiarvojen ero oli 4,3 %. Tämän mukaan oikean maksimisykkeen käyttö Firstbeat-testissä lisäsi testin tarkkuutta huomattavasti.

Taulukko 4. Testeistä saatujen maksimaalisten hapenottokyvyn arvojen (VO_2max ml/kg/min) minimi- ja maksimiarvot, keskiarvot, keskihajonnat ja Firstbeat-testien keskiarvojen ero prosenteissa suorasta hapenottokyvyn testistä. Testi radalla (oikea maxHR) –sarakkeessa on lueteltu arvot, jotka saatiin, kun radalla suoritettuun Firstbeat testiin syötettiin arvioitujen maksimisykearvojen sijasta suorassa maksimaalisen hapenottokyvyntestissä saadut maksimisykearvot.

	Testi radalla	Testi maastossa	Testi juoksumatolla	Testi radalla (oikea maxHR)	Suora testi
Minimi (ml/kg/min)	27,0	28,9	29,9	30,6	39,5
Maksimi (ml/kg/min)	54,5	53,0	53,1	53,7	50,8
Keskiarvo (ml/kg/min)	40,356	41,275	38,881	42,163	44,037
Keskihajonta (ml/kg/min)	8,1792	6,5007	5,8980	6,9062	3,3334
Keskiarvo %-osuus suorasta testistä	- 8,4	- 6,3	- 11,7	-4,3	

Parittaiset t-testit suoritettiin vertaillen Firstbeat-testejä suoraan maksimaalisen hapenottokyvyn testiin (taulukko 5). Suoraan VO_2max -testiin verrattaessa kaikki Firstbeat-testit erosivat tästä tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). Juoksumatolla suoritettu testi erosi keskiarvon perusteella kolmesta testistä eniten suorasta testistä ($p = 0,000$) ja maastossa suoritettu testi vähiten ($p = 0,008$). Vertailtaessa useampaa kuin kahta ryhmää keskenään tulisi käyttää Bonferronin korjausmenettelyä. Tällöin säilytettäisiin alkuperäinen tilastollinen merkitsevyystaso ($p < 0.05$) monivertaluista huolimatta. Verrattaessa neljää eri testiä toisiinsa jokaisen parittaisen testin p-arvo tulisi kertoa vertailujen lukumäärällä ($n = 6$). Ilman

tätä korjausta väärän positiivisen tuloksen mahdollisuus on 27 %. (Chan 2003, 394–396.)

Taulukko 5. Parittaisten t-testien tulokset, kun suoritettuja Firstbeat-testejä verrattiin suoraan maksimaaliseen hapenottokyvyn testiin.

	Keskiarvo	Keskiarvon keskivirhe	Merkitsevyysarvo (Sig.; 2-tailed)
VO₂max_suora- VO₂max_radalla	3,6812	1,2677	0,011
VO₂max_suora- VO₂max_maastossa	2,7625	0,9002	0,008
VO₂max_suora- VO₂max_juoksumatolla	5,1562	0,8279	0,000

Aineistoa analysoitiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (One-Way ANOVA) vertaamalla Firstbeat-testejä suoraan VO₂max-testiin. Levenen testistä saatiin tulokseksi $p=0,007$ ($p<0,05$), joten varianssit eivät olleet yhtä suuret. Tämän vuoksi käytettiin perinteisen ANOVA:n sijaan Welch'in testiä tilastollisten erojen tutkimiseksi. Ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero, sillä Welch'in testistä saatiin tulokseksi $p=0,026$ ($p<0,05$). Post-hoc – testeinä suoritettiin Games-Howellin – testit, ja näin saatiin selville, minkä ryhmien välillä eroa on. Taulukossa 6 on esitetty post-hoc – testien keskiarvojen erot, keskivirheet sekä merkitsevyysarvot. Juoksumatolla suoritettun Firstbeat-testin ($38,9 \pm 5,9$ ml/kg/min) sekä suoran VO₂max-testin ($44,0 \pm 3,3$ ml/kg/min) antamien maksimaalisten hapenottokyvyn arvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p=0,027$). Muiden testien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa.

Taulukko 6. Post-hoc – testien (Games-Howell) keskiarvojen erot, keskivirheet ja merkitsevyysarvot.

(I) Luokat	(J) Luokat	Keskiarvon ero (I-J)	Keskivirhe	Merkitse- vyysarvo (Sig.)
FB_rata	FB_maasto	-0,91875	2,61198	0,985
	FB_matto	1,47500	2,52100	0,936
	Suora_VO ₂ max	-3,68125	2,20811	0,366
FB_maasto	FB_rata	0,91875	2,61198	0,985
	FB_matto	2,39375	2,19440	0,698
	Suora_VO ₂ max	-2,76250	1,82639	0,447
FB_matto	FB_rata	-1,47500	2,52100	0,936
	FB_maasto	-2,39375	2,19440	0,698
	Suora_VO ₂ max	-5,15625*	1,69372	0,027
Suora_VO ₂ max	FB_rata	3,68125	2,20811	0,366
	FB_maasto	2,76250	1,82639	0,447
	FB_matto	5,15625*	1,69372	0,027

*Keskiarvon ero on merkitsevä tasolla $p < 0,05$.

Lyhenteet: Suora_VO₂max = Paavo Nurmi –keskuksessa tehty suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testi; FB_rata = radalla suoritettu Firstbeat-testi; FB_maasto = maastossa suoritettu Firstbeat-testi; FB_matto = juoksumatolla Paavo Nurmi – keskuksessa suoritettu Firstbeat-testi.

Firstbeat-testejä vertailtiin vielä erikseen keskenään yksisuuntaisella varianssi-analyysillä. ANOVA:n perusteella radalla, maastossa ja juoksumatolla juostujen Firstbeat-kuntotestien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $p = 0,618$. Levenen testin p-arvo oli 0,191 ($p > 0,05$) eli varianssit eivät eronneet toisistaan, ja ANOVA:a voitiin käyttää Firstbeat-testien keskinäiseen vertailuun.

Firstbeat-testeistä saatuja VO₂max-arvoja tarkasteltiin myös yksilötasolla. Firstbeat-testin antamaa tulosta verrattiin suoran VO₂max-testin tulokseen yksilökohtaisesti. Testihenkilöt jaettiin kolmeen luokkaan testikohtaisesti eroprosentin perusteella. Taulukossa 7 on esitetty luokat ja testihenkilöiden jakautuminen niihin testikohtaisesti. Tuloksista nähdään, että maastossa suoritettussa Firstbeat-testissä puolet testihenkilöistä eli 50 % sijoittuu pienimmän eroprosentin luokkaan (ero $< 7,5$ %), joten maastossa juostussa testissä eroprosentit olivat pienimpiä kahteen muuhun Firstbeat-testiin verrattuna. Juoksumatolla suoritettussa testissä on vähiten ihmisiä alhaisimman eroavaisuusprosentin luokassa

radalla ja maastossa suoritettuihin testeihin verrattuna, sillä vain 31,25 % testihenkilöistä sijoittuu luokkaan <7,5 %.

Taulukko 7. Firstbeat-testeistä saatujen VO₂max-arvojen vertailu suoraan VO₂max-testin arvoihin testikohtaisesti. Henkilöt on jaettu kolmeen luokkaan eroprosentin perusteella.

	Ero suoraan testiin verrattuna <7.5 %	Ero suoraan testiin verrattuna 7.5–15 %	Ero suoraan testiin verrattuna >15 %
Rata	43,75 (7 hlö:ä)	31,25 (5 hlö:ä)	25 (4 hlö:ä)
Maasto	50 (8 hlö:ä)	37,5 (6 hlö:ä)	12,5 (2 hlö:ä)
Juoksumatto	31,25 (5 hlö:ä)	31,25 (5 hlö:ä)	37,5 (6 hlö:ä)

10 POHDINTA

Tutkimuksen ensimmäisenä pääongelmana oli, onko Firstbeat-kuntotesti luotettava arvioimaan maksimaalista hapenottokykyä. Tähän pyrittiin vastaamaan selvittämällä, onko Paavo Nurmi-keskuksessa toteutetun suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin ja Firstbeat-kuntotestien tulosten välillä tilastollisesti merkitsevää eroa. Paavo Nurmi-keskuksessa toteutetun suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin ja Firstbeat-kuntotestien tulosten välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero. Yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla todettiin, että tilastollisesti merkitsevää eroa oli suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testien tulosten ja juoksumatolla suoritettujen Firstbeat-kuntotestien tulosten välillä ($p=0,026$). Varianssianalyysi osoitti myös, että radalla ($p=0,366$) ja maastossa ($p=0,447$) suoritetuissa Firstbeat-kuntotesteissä ei todettu tilastollisesti merkittävää eroa suhteessa suoraan maksimaalisen hapenottokyvyn testiin. Tuloksista voidaan päätellä, että radalla ja maastossa toteutetut Firstbeat-kuntotestit antoivat luotettavan arvion maksimaalisesta hapenottokyvystä (ml/kg/min).

Pääsääntöisesti Firstbeat-testit kuitenkin aliarvioivat testihenkilöiden hapenottokykyä. Tarkimman arvion hapenottokyvystä antoi maastossa suoritettu Firstbeat-kuntotesti ja heikoimman juoksumatolla suoritettu Firstbeat-kuntotesti, joka toteutettiin suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin yhteydessä. Hypoteesista poiketen korkeuserojen vaihtelu ei laskenut maksimaalisen hapenottokyvyn arvion luotettavuutta. Kaikkien testien välillä todettiin erittäin korkea positiivinen korrelaatio.

Toinen tutkimuksen pääongelmista oli, vaikuttaako Firstbeat-kuntotestin toteutus eri olosuhteissa testin antamiin tuloksiin. Yksisuuntaista varianssianalyysiä käyttäen saatiin selville, että juoksuradalla, maastossa ja juoksumatolla toteutettujen Firstbeat-kuntotestien tulosten välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,618$). Tutkimuksen tulokset tukevat väitettä, jonka mukaan Firstbeat-kuntotestin toistettavuus eri suoritusolosuhteissa on hyvä.

Suurin virhetekijä testituloksen oikeellisuuden kannalta oli arvio maksimisykkeestä. Ryhmätasolla arvioitu maksimisykkeen käyttö toimii kohtalaisen hyvin, mutta joidenkin yksilöiden kohdalla arvio poikkesi suuresti todellisesta maksimisykkeestä. Tämä vääristi Firstbeat-kuntotestien arvioon perustuvaa tulosta maksimaalisesta hapenottokyvystä. Usean henkilön kohdalla testihenkilöiden henkilökohtainen syke oli reilusti arvioitua korkeampi. Radalla testattujen Firstbeat-kuntotestien kuntotestiraporttiin pystyttiin jälkikäteen vaihtamaan testihenkilöiden oikeat maksimisykkeet. Taulukosta 4 on huomattavissa, kuinka tämä vaikutti testin tuloksiin luotettavuutta parantaen. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että omaa todellista maksimisykettä on suositeltavaa käyttää Firstbeat-kuntotestiraporttia tehdessä, jos se on tiedossa.

Juoksumatolla toteutetun Firstbeat-testin arvion heikkous suhteessa muihin Firstbeat-kuntotesteihin viittaa laitteen vaativan kalibroinnin juoksumattosuoritusta varten. Mittari kalibroitiin tartan-pintaisella juoksuradalla ratatestauksen yhteydessä ja saatua kalibrointikerrointa käytettiin jokaisessa kolmessa mittauksessa. Juoksu juoksumatolla eroaa kuitenkin radalla tai helppossa maastossa suoritetusta juoksusta, joten voidaan olettaa, että radalla tehty kalibrointi ei ollut riittävä juoksumatolla toteutettuun kuntotestiin. Tarkimman tuloksen saavuttamiseksi kalibrointi kannattaa suorittaa testattavalla alustalla. Juoksumatolla juostu Firstbeat-kuntotesti erosi radalla ja maastossa toteutetuista Firstbeat-testeistä myös siinä, että juoksunopeus oli vakioitu juoksumatolla suoritettussa testissä kaikille samaksi. Toisin sanoen testihenkilöt eivät voineet vaikuttaa juoksunopeuteen ja sitä kautta juoksun kuormittavuuteen. Tämä saattoi osaltaan vaikuttaa testin antamiin tuloksiin.

Tutkimusryhmän pienuus on tutkimuksen arvoa laskeva tekijä. Ulkona suoritettujen Firstbeat-kuntotestien suoritusolosuhteet vaihtelivat eri testipäivinä. Vaihtelevat sääolosuhteet, kuten erot lämpötilassa, ilman kosteudessa ja tuulen voimakkuudessa, saattoivat vaikuttaa testihenkilöiden saamiin kuntotestituloksiin (Liite 4 ja 5). Muita testin tuloksiin vaikuttavia muuttujia saattoivat olla maaston haastavuus tai toisaalta haastamattomuus sekä yksitoikkoisuus. Näitä muut-

tujia on käsitelty vielä myöhemmin seuraavassa kappaleessa. Maastossa suoritettu Firstbeat-kuntotesti suoritettiin radalla juostun kuntotestin jälkeen, jolloin testi oli testattaville tutumpi. Tämän vaikutukset on otettava huomioon testin tuloksia tarkastellessa.

Tutkijoiden tarkastellessa testituloksia yksilökohtaisesti Firstbeat-kuntotesti näytti arvioivan tarkemmin testihenkilöiden kuntoa, kun testattavan henkilön aerobinen kunto oli parempi kuin välttävä ($\text{VO}_2\text{max} > 45 \text{ ml/kg}$). Tämä saattaa johtua testiprotokollan luonteesta, joka pakottaa heikompikuntoisen etenemään lähes kävelyvauhtia sykkeen kohotessa silti nopeasti korkeaksi. Tällöin laitteen kalibrointi mitatessa matkaa juoksuvauhdista ei ole enää tarkka erityisesti verrattuna parempikuntoiseen henkilöön, joka pystyy toteuttamaan testin juoksunomaisemmin. Lisäksi näyttäisi siltä, että tarkempi testitulos saavutettiin, kun sykearvot olivat riittävän korkeat. Maastossa olleissa ylämäissä testattavien syke nousi korkeammaksi kuin tasaisella alustalla juostessa. Toisaalta maastotestin tarkkuus saattoi johtua osittain maastossa olleista korkeuseroista, jolloin välttävän kuntoluokituksenkin saanut testihenkilö eteni välillä juoksunomaisemmalla askeleella helpommissa maaston osissa. Tällöin testisuoritus ei ollut niin monotoninen ja askel oli lähempänä juoksun askellusta. Toisena maastotestin tarkkuuteen mahdollisesti vaikuttavana tekijänä voidaan mainita se, että korkeusanturi vaikutti ottavan korkeuden vaikutukset nopeuteen hyvin huomioon. Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että korkeuserojen vaihtelut kuntotestiä toteutettaessa eivät laskeneet maksimaalisen hapenottokyvyn arvion luotettavuutta hypoteesista poiketen.

Firstbeat-kuntotesti on Firstbeat Technologies Oy:n tarjoama palvelu ja kaikki kuntotestiä koskevat lähteet ovat valmistajalta. Toisaalta tutkijat eivät missään tutkimuksen vaiheessa saaneet tietoonsa, että Firstbeat-kuntotestiä koskevia tutkimuksia olisi vielä tehty muun tahon kuin Firstbeat Technologies Oy:n toimesta. Tutkimusten vähyys asetti tiettyjä haasteita, sillä riippumattomia tietolähteitä kyseisen kuntotestin luotettavuudesta ei ollut saatavilla.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että jatkotutkimukset suuremmilla otosryhmillä ovat aiheellisia. Jatkossa testin toimivuutta voisi tutkia eri kuntoluokkiin kuuluvilla otosryhmillä siten, että testin toimivuutta tarkasteltaisiin erikseen huono-, keski- ja hyväkuntoisilla. Tämän tutkimuksen tutkimusryhmä koostui miehistä, mutta Firstbeat-kuntotestin luotettavuutta olisi hyvä tutkia myös naisilla. Testin luotettavuutta olisi hyvä tutkia lisäksi erilaisella protokollalla, joka mahdollistaisi myös heikompikuntoisen etenemisen juoksunomaisemmin. Tässä tutkimuksessa Firstbeat-kuntotestin toteutus oli päätetty vauhdiltaan tasaisesti nousevaksi ja testattavat juoksivat arvioidun maksimisykkeen perusteella laskettuja sykerajoja noudattaen. Tulevissa tutkimuksissa protokolla voisi olla sellainen, että suorituksen aikaiset sykelukemat pysyisivät korkeampina pidemmän aikaa. Erityisesti fysioterapian kentässä olisi mielenkiintoista testata testin toistettavuutta juoksumatolla tehtynä. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida tehdä yleistettäviä johtopäätöksiä Firstbeat-testin toteutuksesta juoksumatolla siitä syystä, että mittaria ei kalibroitu uudelleen juoksumatottestiä varten. Myös tutkimukset testin käytettävyydestä aerobisen kunnon testauksen välineenä olisivat mielenkiintoisia. Tällä tarkoitetaan testaajien ja testattavien käyttökokemusten tutkimista Firstbeat-kuntotestiä toteutettaessa.

LÄHTEET

Aalto, R. 2005. Kuntoilijan käsikirja. Jyväskylä: Docendo Finland Oy.

ACSM, American College of Sports Medicine 2010. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8. painos. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer, health / Lippincott Williams & Wilkins.

Bosch, F. & Klomp, R. 2005. Running: Biomechanics and Exercise Physiology. Elsevier.

Chan, Y. H. 2003. Biostatistics 102: Quantitative Data – Parametric & Non-parametric Tests. Singapore Medical Journal 2003; Vol. 44(8): 391-396.

Cornelissen, V.A. & Fagard, R.H. 2005. Effects of Endurance Training on Blood Pressure, Blood Pressure-Regulating Mechanisms, and Cardiovascular Risk Factors. Hypertension 2005; 46: 667-675.

Dimeo, F.; Bauer, M.; Varahram, I.; Proest, G.; Halter, U. 2001. Benefits from aerobic exercise in patients with major depression: a pilot study. Br J Sports Med 2001; 35: 114–117.

Firstbeat Technologies Oy 2010. Sykeanalyysin perusta. Viitattu 2.12.2010 <http://www.firstbeat.fi> > Teknologia > Sykeanalyysi.

Firstbeat Technologies Oy 2011. Kuntotesti, jonka aikana et edes huomaa olevasi testissä? Viitattu 8.10.2011 <http://www.firstbeat.fi> > Tuotteet > Kuntotesti.

Firstbeat Technologies Oy 2010. Viitattu 26.9.2011 <http://www.firstbeat.net/kayttajatuki.html> > Kuntotestin ohjemateriaali.

Fogelholm, M.; Vuori, I. & Vasankari, T. (toim.) 2011. Terveysliikunta. 2. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Heikkilä, J. & Mäkijärvi, M. (toim.) 2003. EKG. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Heinonen, R. 2007. Sykevälivaihteluanalyysin soveltuvuus rentoutumisen ja työn kuormittavuuden arviointiin. Pro-gradu -tutkielma [viitattu 2.12.2010]. Saatavissa http://thesis.jyu.fi/07/URN_NBN_fi_jyu-2007325.pdf.

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15., uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Ilmatieteenlaitos [viitattu 4.5., 6.5., 7.5., 10.5., 11.5., 13.5.] <http://www.ilmatieteenlaitos.fi>

Keskinen, K.; Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2007. Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Kettunen, R.; Kähäri-Wiik, K.; Vuori-Kemilä, A. & Ihalainen, J. 2002. Kuntoutumisen mahdollisuudet. 1.-2. painos. Helsinki: WSOY.

Kukkonen, R.; Hanhinen, H.; Ketola, R.; Luopajarvi, T.; Noronen, L. & Helminen, P. 2001. Työfysioterapia – yhteistyötä työ- ja toimintakyvyn hyväksi. 2. uudistettu painos. Helsinki: Työterveyslaitos.

Laitio, T.; Scheinin, H.; Kuusela, T.; Mäenpää, M. & Jalonen, J. 2001. Mitä sydämen sykevaihtelu kertoo? *Finnanest* 2001; Vol. 34: Nro 3: 249-255. Viitattu 2.3.2011 www.finnanest.fi/files/a_laitio.pdf

Leinonen, R.; Havas, R. (toim.) 2008. Fyysinen aktiivisuus iäkkäiden henkilöiden hyvinvoinnin edistäjänä. Liikunnan yhteiskunnallinen perustelu III. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 212. LIKES-tutkimuskeskus. Jyväskylä; PunaMusta Oy.

McArdle, W.; Katch, F.; Katch, V. 2006. *Essentials of Exercise Physiology*. USA: Lippincott Williams & Wilkins.

Miettinen, M. (toim.) 2000. Haasteena huomisen hyvinvointi – Miten liikunta lisää mahdollisuuksia? Liikunnan yhteiskunnallinen perustelu II. Tutkimuskatsaus. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 124. LIKES-tutkimuskeskus. Jyväskylä; PainoPorras Oy.

Moilanen, P. 2008. Kestävyyskunto, akuutti rasitus ja sykevälivaihtelu sekä niiden yhteydet vigilanssiin ja oppimiseen. Pro-gradu -tutkielma. Viitattu 2.12.2010 https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18659/URN_NBN_fi_jyu200806195531.pdf

Nienstedt, W. (toim.) 2002. Lääketieteen termit: Duodecimin selittävä suursanakirja. 4. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Nienstedt, W.; Hänninen, O.; Arstila, A.; Björkqvist, S-E. 2008. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 15.-17. painos. Helsinki: WSOY.

Nienstedt, W.; Hänninen, O.; Arstila, A.; Björkqvist, S-E. 2009. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 18. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.

Oja, P.; Mänttari, A.; Pokki, T.; Kukkonen-Harjula, K.; Laukkanen, R.; Malmberg, J.; Miilunpalo, S. & Suni, J. 2002. Testaajan opas- UKK-kävelytesti. 3. painos. Tampere: UKK-instituutti.

Pulkkinen, A. 2003. Uusien sykkeeseen perustuvien hapenkulutuksen arviointimenetelmien tarkkuus. Pro-gradu -tutkielma. Viitattu 9.10.2011. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/9271>

Salonen, E. 2010. Maksimaalinen hapenottoakyky kestävyyskunnon mittarina. Viitattu 23.9.2011 http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01038

Shvartz W, Reibold RC 1990. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviat Space Environ Med*. 1990; 61: 3–11.

Smolander, J.; Hurri, H. ym. 2004. Toiminta- ja työkyvyn fyysisten arviointi- ja mittausten menetelmien kartoittaminen ICF-luokituksen aihealueella liikkuminen. Helsinki: Stakes.

Strijk, J.; Proper, K.; Klaver, L.; Van der Beek, A.; Van Mechelen, M. 2010. Associations between VO2max and vitality in older workers: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2010; 10: 684.

Terveyskyselylomake

TERVEYSKYSELY (Muokattu Paavo Nurmi-keskuksen terveystarkoituskyselystä)

Nimi _____ Henkilötunnus _____

Osoite: _____

Oireet viimeisen 6 kk aikana:

	kyllä	ei	en osaa sanoa
1. Onko Sinulla ollut rintakipuja?	_____	_____	_____
2. Ilmaantuuko rintakipu useimmiten fyysisessä rasituksessa?	_____	_____	_____
3. Tuntuuko rintakipu tavallisimmin rintalastan seudussa?	_____	_____	_____
4. Helpottaako kipu nitroglyseriiniäällä ("Nitrolla")?	_____	_____	_____
5. Onko Sinulla ollut rasituksen liittyvää hengenahdistusta? (Ilman loppumisen tunnetta; ei voimakasta hengästymistä)	_____	_____	_____
6. Onko Sinulla huimauksia?	_____	_____	_____
7. Onko Sinulla ollut rytmihäiriötuntemuksia?	_____	_____	_____
8. Onko Sinulla toistuvia, liikkumista haittaavia selkäkipuja?	_____	_____	_____
9. Onko Sinulla toistuvia niska-hartiaseudun kipuja?	_____	_____	_____
10. Onko Sinulla toistuvia, liikkumista haittaavia nivelkipuja?	_____	_____	_____
Missä nivelessä? _____			
11. Oletko tuntenut poikkeavan voimakasta uupumusta liikkuessasi? (esim. jalat ovat valahtaneet voimattomiksi)	_____	_____	_____
12. Aiheuttaako fyysinen rasitus Sinulle usein päänsärkyä?	_____	_____	_____

Todetut sairaudet: Onko Sinulla tai onko Sinulla ollut jokin/joitakin seuraavista (ympyröi)

01 sepelvaltimotauti	02 sydäninfarkti	03 kohonnut verenpaine
04 sydänlappäpö	05 aivohalvaus	06 aivoverenkierron häiriöitä
07 sydämen rytmihäiriö	08 sydämentahdistin	09 kävelykipua pohkeissa
10 sydänlihassairaus	11 syvä laskimotukos	12 muu verisuonisairaus
13 kroon. keuhkoputkentulehd.	14 keuhkolaajentuma	15 astma
16 muu keuhkosairaus	17 allergia	18 kilpirauhasen toimintahäiriö
19 diabetes	20 anemiat	21 korkea veren kolesteroli
22 korkea verensokeri	23 nivelreuma	24 nivelrikko, -kuluma
25 krooninen selkäsairaus	26 mahahaava	27 pallea-, nivus- tai napatyry
28 ruokatorven tulehdus	29 mielenterveyden ongelma	30 kasvain tai syöpä
31 leikkaus äskettäin	32 tapaturma äskettäin	33 matala veren kalium- tai magnesiumipitoisuus
34 kohonnut silmänpaine	35 näön tai kuulon heikkous	

36 Muita sairauksia tai oireita, mitä _____

37 Lisätietoja: _____

Lääkitys: Käytätkö jotain lääkitystä säännöllisesti tai usein?

1 En

2 Kyllä, mitä _____

Tupakointi: 1. Ei koskaan säännöllisesti _____ 2. Olen lopettanut ____ v. sitten _____ 3. Tupakoin n. _____ savuketta/pv _____ sikaria/pv _____ piipullista/pv _____

Kuumetta, flunssaista tai muuten poikkeavaa väsymystä viimeisen 2 viikon aikana:

1 Ei

2 Kyllä

LIIKUNTAKYSELY

LIIKUNTA-AKTIIVISUUS VIIMEISEN KOLMEN KUUKAUDEN AIKANA

LIIKUNNAN MÄÄRÄ

LIIKUNNAN TEHO

”Hikoillen ja hengästyen”

Muu liikunta (sis. mm. työmatkat)

Ei lainkaan	_____	_____
1-2 krt/kuukausi	_____	_____
1 krt/viikko	_____	_____
2 krt/viikko	_____	_____
3 krt/viikko	_____	_____
4 krt/viikko	_____	_____
5 krt/viikko	_____	_____
6 krt/viikko	_____	_____
7 krt/viikko	_____	_____

LIIKUNNAN KESTO

_____ min

_____ min

Oma kuntoarvio: 1. heikko 2. välttävä 3. keskitasoinen 4. hyvä 5. erinomainen

Valmistautumisohjeet kuntotesteihin

UKK-kävelytesti

Valmistautuminen ennen testiä

- Vältä jo testiä edeltävänä päivänä alkoholin käyttöä ja poikkeuksellisen raskasta fyysistä raskautusta.
- Vältä 2—3 tuntia ennen testiä raskasta ateriointia, tupakointia sekä kahvin, teen ja kolajuomien nauttimista.
- Sään mukainen ulkoliikuntavarustus ja lenkkikossut.

Suora hapenottokyvyn testi

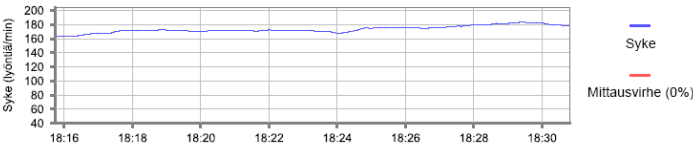
- Ei raskasta ateriaa 2 tuntiin ennen testiä
- Ei kahvia, teetä tai kolajuomia 2 tuntiin ennen testiä
- Ei tupakointia 4 tuntiin ennen testiä
- Ei alkoholia 48 tuntiin ennen testiä
- Vältä voimakasta fyysistä raskautusta testiä edeltävänä ja testipäivänä
- Varaa mukaan liikuntavaatetus sekä peseytymisvälineet

Firstbeat-kuntotesti

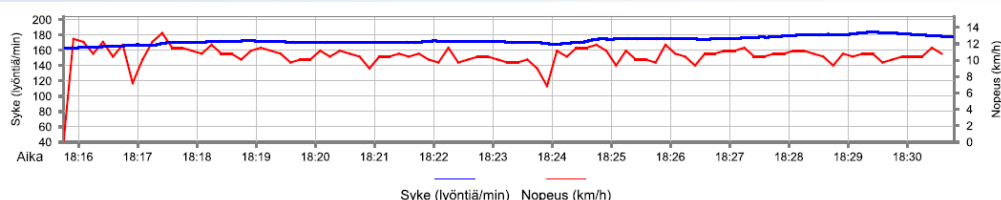
- Liikuntaan soveltuva vaatetus testin suorittamispaikan mukaan, sisäliikuntakengät tai lenkkarit sekä mukavat urheiluvaatteet. Peseytymisvälineet testin jälkeen, Kaarinan keskusurheilukentän läheisyydessä ei kuitenkaan ole järjestettyä suihkumahdollisuutta.
- Testiä edeltävänä päivänä vältä alkoholia sekä raskasta fyysistä kuormitusta. Jos harjoittelet säännöllisesti paljon tai päivittäin, on hyvä harjoitella vain kevyesti 2-3 päivää ennen testiä.
- Testipäivänä vältä raskasta ateriointia, kahvia, teetä, kolajuomia ja tupakointia 2 tuntia ennen testiä.
- Ennen testiä täytetään esitietolomake soveltuvien osien. Vastaa kysymyksiin totuudenmukaisesti, sillä testaajien tulee tietää terveydentilanteesi sekä mahdolliset vasta-aiheet testin suorittamiselle.

Testejä ei tehdä sairaana, voimakkaan flunssan tai kuumeen aikana rasittavaa liikuntaa kannattaa välttää muutenkin. Jos sairastut niin, että et voi osallistua testeihin, ilmoita asiasta mahdollisimman pian testaajille.

Firstbeat-kuntotestin esimerkkiraportti

KUNTOTESTIRAPORTTI		Sivu 1(1)
Etinimi Sukunimi Ikä (vuotta) 21 Pituus (cm) 166 Paino (kg) 60 Leposyke (lyöntiä/min) 30 Maksimisyke (lyöntiä/min) 197 Painoindeksi (BMI) 21,8 Aktiivisuusluokka 0,0		Mittauksen tiedot: Mittauksen päivämäärä: 30.9.2010 18:15  Kesto (h:min:s) 00:14:59 Syke (alin / keskiarvo / korkein) 164 / 174 / 184 Alkamisaika (h:min:s) 18:15:45 Huomiot Päättymisaika (h:min:s) 18:30:44

Kuntotestin mittauskuvaaja



Kokonaismatka 2,6 km. Keskinopeus 10,5 km/h.



Kuntotason arvon perusteena sydämen syketaaso suhteessa juoksunopeuteen. Luotettavat ajanjaksot, joiden intensiteetti on yli 70% maksimisykkeestä, valitaan automaattisesti testiin.

Testitulokset

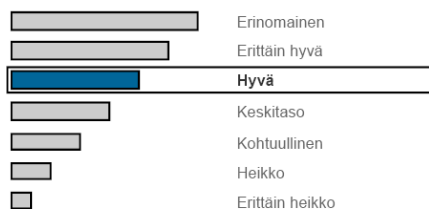
Suorituskykytulokset

Arvioitu maksimikapasiteetti <VO2max> 45,1 ml/kg/min

Arvioitu maksimikapasiteetti <METmax> 12,9 MET

Suositeltu aktiivisuusluokka: 7

Kuntoluokitus ikä ja sukupuoli huomioiden



Maksimikapasiteetti = maksimaalinen hapenotto (VO2max) kuvastaa sydämen ja verenkiertoelimistön kuntoa tai yleisemmin fyysisen kunnan tasoa. VO2max ilmoitetaan suhteessa henkilön painoon (ml/kg/min) ja MET-arvona (1 MET = 3,5 ml/kg/min).

Kuntoluokitus perustuu Shartzin ja Reiboldin (1990) kuntotasojen luokitukseen ottaen huomioon iän ja sukupuolen.

Suositeltu aktiivisuusluokka (0-10) perustuen testitulokseen. Käytetään Kuntovalmentajassa sopivan harjoittelun ohjelman alustavaan valintaan.

Tarjoaja:

Tämän raportin on tuottanut Firstbeat.net (v 4.0.0)
4 loka 2010 15:14
Lisätietoa: www.firstbeat.net

Analysoija:



Testauspäivien sääolosuhteet

Ilmatieteen laitos, mitattu Kaarinan Yltöisissä.

	4.5. (klo:10.50)	6.5. (klo:10.50)	7.5. (klo:11.20)	10.5. (klo:10.40)	11.5. (klo:10.40)	13.5. (klo:10.10)	*
Lämpötila (°C)	6,7	7,6	10,1	16,8	17,8	13,0	
Kastepiste (°C)	0,3	3,8	4,4	8,4	9,7	6,5	
Puuska (m/s)	4	3	3	2	3	7	
Kosteus (%)	64	77	68	57	59	65	
Tuulennopeus (m/s)	2	2	2	1	1	3	
Tuulen suunta	Itätuulta	Lounaistuulta	Itätuulta	Etelätuulta	Lounaistuulta	Itätuulta	
Ilmanpaine (hPa)	1015,4	1024,7	1031,9	1029,8	1023,6	1011,1	

* Tunnin sadekertymä 0,1mm, mitattu Turun Artukaisissa.

Testausolosuhteet Paavo Nurmi-keskuksessa

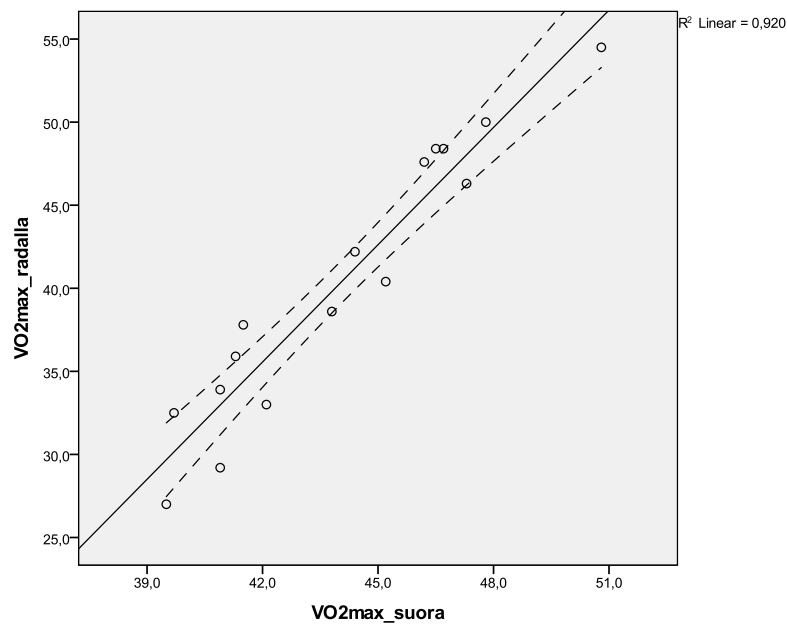
	19.5 (klo:14.00)	20.5. (klo:14.00)	23.5. (klo:14.00)	25.5. (klo:13.15)	31.5. (klo:13.45)	1.6. (klo:14.00)
Lämpötila (°C)	20	20	20	22	21	22
Kosteus (%)	60	56	65	58	68	74
Ilmanpaine (hPa)	1025	1027,5	1025	1005	1027	1026

Testihenkilöiden taustatiedot

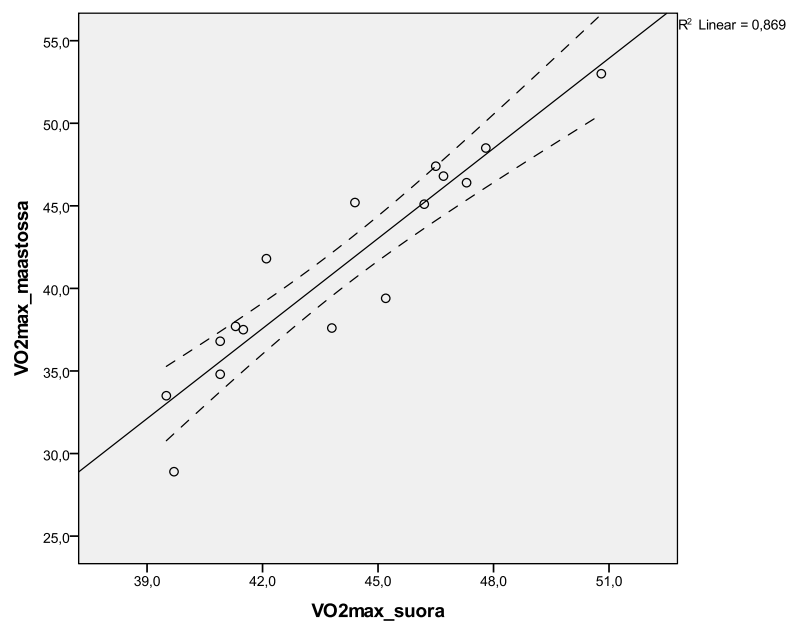
Testihenkilöiden iät, pituudet, painot ja maksimaalisen hapenottokyvyn testin perusteella saatu kuntoluokka (Shvartzin ja Reiboldin mukaan 1990).

Henkilö	Ikä	Pituus (cm)	Paino (kg)	Kuntoluokka
1	32	183	76,9	keskinkertainen
2	41	179	82,6	keskinkertainen
3	27	174	77,6	keskinkertainen
4	35	181	87,9	keskinkertainen
5	43	170	77,2	keskinkertainen
6	25	182	81,4	välttävä
7	34	181	85,7	hyvä
8	43	187	87,6	hyvin hyvä
9	39	178	81,3	hyvin hyvä
10	22	181	79,3	keskinkertainen
11	28	186	80	keskinkertainen
12	25	180	93,3	välttävä
13	37	179	62,3	hyvä
14	36	178	78	hyvä
15	39	178	71,7	keskinkertainen
16	33	177	73,5	hyvä
Keskiarvo	33,69	179,63	79,77	

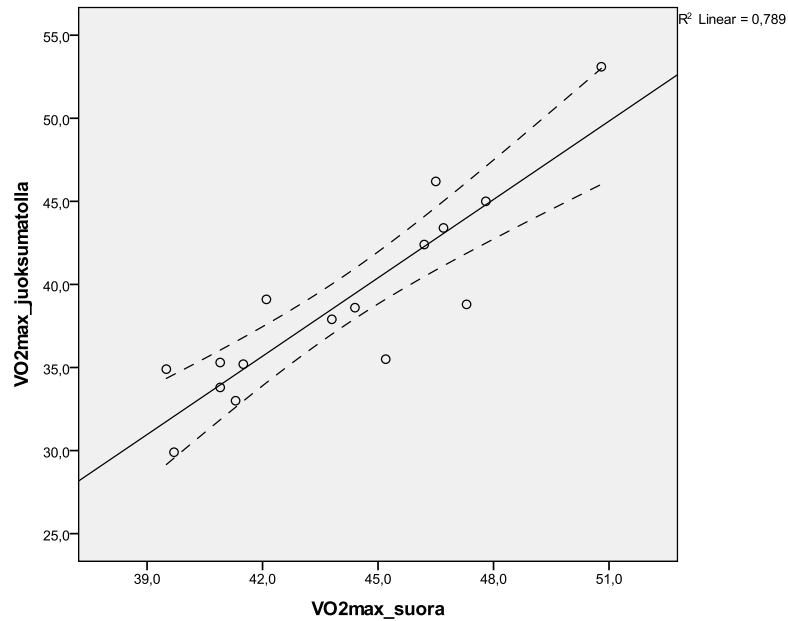
Korrelaatiodiagrammit



Kuvio 1. Radalla suoritetun Firstbeat-testin ja suoran VO_{2max} -testin korrelaatio sekä regressiosuoran avulla esitetty lineaarinen riippuvuus. Katkoviivat kuvastavat 95 % luottamusvälejä.



Kuvio 2. Maastossa suoritetun Firstbeat-testin ja suoran VO_{2max} -testin korrelaatio sekä regressiosuoran avulla esitetty lineaarinen riippuvuus. Katkoviivat kuvastavat 95 % luottamusvälejä.



Kuvio 3. Paavo Nurmi –keskuksessa juoksumatolla suoritetun Firstbeat-testin ja suoran VO_{2max} -testin korrelaatio sekä regressiosuoran avulla esitetty lineaarinen riippuvuus. Katkoviivat kuvastavat 95 % luottamusvälejä.